Baukunde des Architekten

I. 1.



BAUKUNDE DES ARCHITEKTEN.

(Deutsches Bauhandbuch.)

Unter Mitwirkung

von

Fachmännern der verschiedenen Einzelgebiete

herausgegeben

von

den Herausgebern der Deutschen Bauzeitung und des Deutschen Baukalenders.

Mit über 2000 Abbildungen im Text.

ERSTER BAND.

Erster Theil.

(Der Aufbau der Gebäude.)

Fünfte, wesentlich umgearbeitete und vermehrte Auflage.

Berlin 1903.

Verlag Deutsche Bauzeitung, G. m. b. H.

Vorwort.

Die vorliegende fünfte Auflage vom Bd. I, Th. 1 der Baukunde des Architekten unterscheidet sich schon rein äusserlich von ihren Vorgängern durch ein etwas grösseres Format (der Baukunde des Ingenieurs aus unserem Verlage entsprechend), das aus Zweckmässigkeitsgründen gewählt wurde, namentlich auch um im Maassstabe der Abbildungen weniger beschränkt zu sein. Trotz dieser nicht unwesentlichen Vergrösserung der Seitenflächen ist der Umfang wieder um 3 Druckbogen gewachsen. (Unter Berücksichtigung der vergrösserten Seitenflächen um rd. 10 Bogen.)

Eine weitere äusserliche Aenderung ist die durchlaufende Nummerirung der Figuren, wobei grundsätzlich zusammengehörige Figuren nur noch mit einer Nummer bezeichnet sind. Auch die sogenannten Tafeln der früheren Auflagen sind jetzt in die Nummerirung eingereiht. Es wurden dadurch die Textbezugnahmen auf frühere oder spätere Abbildungen erleichtert. Der Band enthält nunmehr 1900 Figurengruppen mit weit über zweitausend Einzelfiguren, sodass sich eine erhebliche Vermehrung des Abbildungsmaterials ergeben hat. Ganz besonders aber ist auf klare Darstellung und ausreichende Grösse der Abbildungen, sowie auf grössere Einheitlichkeit der Maasstäbe Werth gelegt. Es ist zu diesem Zwecke daher ein erheblicher Theil der alten Abbildungen ausgeschieden worden. Es gilt dies besonders von Abschnitt V, Metallkonstruktionen des Aufbaues, der in seinen, die eigentlichen Konstruktionen betreffenden, Kapiteln fast durchweg neue Abbildungen und Beispiele erhalten hat. Ebenso sind in Abschnitt IV, Rücksichten auf Feuersgefahr usw., im Kapitel der neueren Deckenkonstruktionen neue Abbildungen in grösserer Zahl hinzugetreten.

Die Gesammtanordnung des Stoffes ist im wesentlichen dieselbe geblieben, nur wurde das Kapitel über Blitzableiter, das ganz neu bearbeitet ist, dem Abschnitt IV, Rücksichten auf Feuersicherheit usw., angegliedert. Im übrigen wurden sämmtliche Abschnitte durchgesehen, ergänzt und zumtheil beträchtlich erweitert unter Berücksichtigung der neuesten Erfahrungen und Veröffentlichungen auf den einschlägigen Fachgebieten, zumtheil unter Hinzuziehung neuer Autoren.

Im einzelnen ist folgendes zu bemerken:

Im Abschnitt I, Maurerarbeiten, wurden Tabellen über Eigengewichte, Belastungsannahme und zulässige Beanspruchungen unter Zugrundelegung der beim preussischen Ministerium d. öffentl. Arbeiten und dem Berliner Polizei-Präsidium geltenden Vorschriften aufgenommen, welche voraussichtlich in absehbarer Zeit allerdings einige Abänderungen und Ergänzungen erfahren werden, die augenblicklich in der preuss. Akademie des Bauwesens zur Berathung stehen. Den Mörtelmaterialien ist ein besonderer Unterabschnitt gewidmet und namentlich ist das Kapitel XI der Grundmauern und Gründungen angemessen ergänzt worden. Etwas breiter sind die gemauerten Flachdecken mit Eiseneinlage behandelt, die Betoneisendecken dagegen ganz dem Hauptabschnitt IV zugewiesen worden.

Geringere Veränderungen weisen die Abschnitte II und III auf, aber auch hier sind alle wesentlichen Neuerungen berücksichtigt.

Der Hauptabschnitt IV, Rücksichten auf Feuersgefahr und Verkehrssicherheit in Gebäuden ist in seinem allgemeinen Theil den neuesten Erlassen entsprechend durchgesehen, im Abschnitt über Theater durch eine Anzahl neuer Beispiele ergänzt und in seinem Konstruktionstheile sehr wesentlich umgearbeitet und erweitert worden. Insbesondere sind die Betoneisenkonstruktionen sowohl für Decken, wie für Wände und Stützen eingehender besprochen und durch Zeichnungen erläutert.

Die weitgehendste Umgestaltung und Erweiterung hat aber der Hauptabschnitt V, Metallkonstruktionen des Aufbaues und in diesem wieder der Konstruktionstheil und namentlich das Kapitel der eisernen Dächer erfahren. Letzteres ist in systematischer Weise fast vollständig neu bearbeitet worden.

Auch der Abschnitt VI, Baumaterialien usw. nach ihren gesundheitlichen Eigenschaften ist fast vollkommen umgearbeitet, da gerade auf diesem Gebiete eine Reihe neuer Erfahrungen gemacht worden sind. —

Die Herausgeber.

Inhalts-Verzeichniss.

Seiten.

IV. Die Rücksichten auf Feuersgefahr und Verkehrssicherheit in den Gebäuden.

Seite 353—496.

Bearbeitet von Brth. H. Kirstein in Berlin, unter Zugrundelegung der älteren Bearbeitung von Reg.- u. Brth. C. Mühlke in Schleswig.

I. Sicherungen für Wohn- und Miethhäuser.

Seite 353—363.

II. Sicherungen für Geschäftshäuser, Waarenhäuser, Fabriken, Lagergebäude und gewerbliche Anlagen.

Seite 363—386.

III. Sicherungen für Theater, Zirkusanlagen u. Versammlungssäle.

Seite 386—421.

IV. Sicherungen öffentlicher Gebäude. . . . . . 421—423

V. Feuerfeste und feuersichere Wände, Thüren und Stützen.

Seite 424—447.

XII. Ueber Hallendächer im Besonderen.
Seite 664—686.

XIII. Dachdeckungen in Metall.
Seite 687—718.

XIV. Dachrinnen aus Metall, einschl. Abfallrohre und Gesimsabdeckungen.
Seite 718—737.

XV. Oberlichte, Glasdächer und Glasdecken.
Seite 737—778.

VI. Baumaterialien und Baukonstruktionen, insbesondere nach ihren gesundheitlichen Eigenschaften behandelt.

Bearbeitet von Prof. F. W. Büsing, Dozent an der Techn. Hochschule in Berlin.

Seite 800—872.

Berichtigungen und Ergänzungen
siehe umstehend.

Berichtigungen und Ergänzungen.

Seite.

1. Zu Abschnitt I, Kapitel VI: Eigengewicht, Belastungsannahmen und zulässige Beanspruchungen usw. 30

Während der Drucklegung des Werkes ist bekannt geworden, dass seitens des preuss. Ministeriums der öffentl. Arbeiten neue Bestimmungen über die zulässigen Beanspruchungen der Baumaterialien aufgestellt werden, welche bei Schluss des Druckes noch der Akademie des Bauwesens zur Prüfung vorlagen. Dem Vernehmen nach werden diese Bestimmungen Angaben über Beton und Betoneisen-Konstruktionen, die bisher noch fehlten, enthalten. Bei den übrigen Materialien dürften sich keine sehr wesentlichen Abweichungen ergeben.

2. Zu Abschnitt I, Kapitel VIII: Rauchröhren und Schornsteine.
b. Fabrikschornsteine 39

Unter dem 30. April 1902 sind durch das Ministerium der öffentl. Arbeiten neue Bestimmungen über die Standfestigkeit von Fabrikschornsteinen in Preussen erlassen worden, die unter Festhaltung eines Winddruckes von 125 $^{kg/qcm}$ für eine ebene, senkrecht zum Winde stehende Fläche hinsichtlich des Materials etwas günstigere Beanspruchungen (bei Nachweis entsprechender Güte des Materials) zulassen. Diese Vorschriften enthalten auch Angaben über die zulässige Beanspruchung des Betons, die früher fehlten.

Desgl. sind in Oesterreich unter dem 24. März 1902 durch das Ministerium des Inneren neue Vorschriften erlassen worden.

Auszugsweise Mittheilung beider Erlasse vergl. in Deutsche Bauztg. 1902, No. 62, S. 395.

3. Zu Abschnitt III, Kapitel Vb: Bandparkett-Fussboden 306

Zeile 10 ist bezüglich der Abnutzung für amerikanischen Ahorn zu bemerken, dass nach neueren Untersuchungen der Koeffizient auf 3,2 festgestellt sein soll (statt 3,75).

4. Zu Abschn. IV, Kap. IV: Feuerfeste u. feuersichere Decken u. Dächer.
a. Koenen'sche Rippendecke 461

Für den Preis der Decke ist statt rd. 9 Mk. für 1 ^{qm} zu setzen 7—10 Mk.

b. Koenen'sche Plandecke 461

Preis: statt rd. 5,80 Mk. zu setzen 5—6 Mk. Die Decke ist inzwischen bei dem Erweiterungsbau der Technischen Hochschule zu Charlottenburg zur Ausführung gekommen.

c. Koenen'sche Voutenplatte 462

Die A.-G. für Beton- und Monierbau giebt das Maass, welches zweckmässiger Weise in der Spannweite der Decke nicht überschritten werden soll, statt zu 4,50 ^{m}, wie angeführt, zu 5 ^{m} an.

d. Decken von Jul. Donath & Co 462

Die Firma ist nicht nur der Patentinhaber der betr. Decken, sondern führt sie auch selbst aus.

e. Spiraleisen-Beton-Decke der Firma Thomas & Steinhoff in Mülheim a. Ruhr 463

Die Firma existirt als solche nicht mehr, es ist also „früheren“ einzuschalten.

5. Zu Abschnitt VI, Kapitel Xd: β. Verbindungshaften und Lagerholzklammern von Gebr. Rordorf in Zürich 586

Die Fig. 1418 bezieht sich ebenfalls auf die Ausführungen dieser Firma und nicht auf die Sinzig-Klammer.

S. 587 ist daher „vergl. Fig. 1418“ nicht am Schlusse der 9. Zeile, sondern in Zeile 7 einzuschalten nach dem Worte „Lagerholzklammern“.

6. Zu Abschnitt IV, Kapitel XI b. 4: 622

Zu den Angaben der Fig. 1475 wird uns nachträglich von der ausführenden Firma mitgetheilt, dass Dach und Decken zwar in Bimsbeton nach Ausführung der Firma geplant waren, dass aber mit Rücksicht auf die Schwierigkeit, die Baugenehmigung rasch genug zu erhalten, statt dessen die bereits in Berlin genehmigten Koenen'schen Voutenplatten zur Anwendung gekommen sind.

I. Maurerarbeiten.

Bearbeitet von H. Koch, Geheimer Baurath, Professor an der technischen Hochschule zu Berlin.

Die Lehre von den Maurerarbeiten beschäftigt sich mit der Herstellung von ganzen Bauwerken oder Bautheilen aus natürlichen Steinen oder Stoffen, welche durch Brennen in zu diesem Zweck erbauten Oefen oder durch Einwirkung der Luft oder des Wassers die nöthige Härte erlangt haben.

Nach den verschiedenen Stoffen, aus welchen Mauerwerk ausgeführt wird, unterscheidet man:

I. Mauerwerk aus künstlichen Steinen,
II. Mauerwerk aus natürlichen Steinen, und zwar:
  1. aus unbearbeiteten, rohen Bruchsteinen,
  2. aus bearbeiteten Werkstücken,
III. Mauerwerk aus Stampf- und Gussmassen.

Die Vereinigung der Steine zu Mauerwerk erfolgt:

1. durch den Steinverband, d. i. die zweckmässige Anordnung der Steine neben und übereinander,
2. durch Verbindung mittels Mörtels,
3. durch mechanischen Verband, welcher
   a. durch besondere Form der Fugenflächen,
   b. durch besondere Hilfsstücke von Stein, Holz oder Metall hergestellt

werden kann.

I. Mauern aus künstlichen Steinen.

a. Ziegel und andere künstliche Steine und deren Formate.

Künstliche, aus Thon gebrannte Backsteine oder Ziegel werden im grösseren Theile Deutschlands nach dem sogen. Normalformat, 25 cm lang, 12 cm breit und 6,5 cm dick, in Oesterreich 29 cm lang, 14 cm breit und 6,5 cm dick, hergestellt; daneben sind heute noch zahlreiche andere Formate — namentlich kleinere im Gebrauch. Die Mehrzahl der deutschen Regierungen hat das Normal-Format für ihre Staatsbauten vorgeschrieben. Bei demselben ist die doppelte Breite, zuzüglich einer Fugenstärke, gleich der Steinlänge.

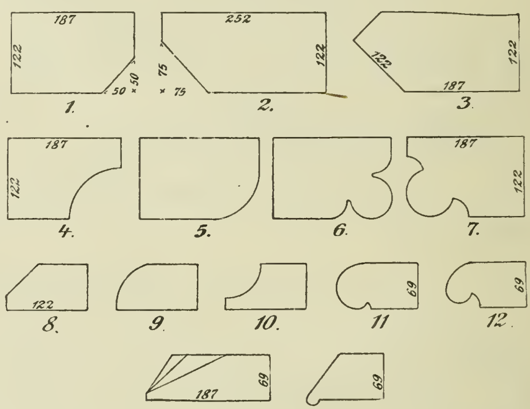
Sind Backsteine beim Brennen sehr stark gehärtet (bezw. gesintert), so nennt man sie „Klinker". Unter „klinkerhart" gebrannten Steinen versteht man aber solche gewöhnlichen Backsteine, die im Brennofen dem Feuer besonders ausgesetzt gewesen und infolge dessen härter gebrannt sind; meistens sind dieselben auch etwas krumm und mehr geschwunden, also kleiner als die übrigen Steine.

Um möglichst leichte Steine zu erhalten, werden dieselben beim Formen entweder lang- oder auch querdurch mit viereckigen oder runden Löchern versehen, wodurch die sogen. „Hohl-" oder „Lochsteine" entstehen; solche Ziegel können aber nur durch Maschinenbetrieb hergestellt werden. Den gleichen Zweck erreicht man, indem man dem Thon verbrennbare Körper, also Sägespähne, Torf, Lohe, Kohlenstaub usw. beimischt. Beim Brande verbrennen diese Bestandtheile, die Steine erhalten ein poröses Gefüge und davon den Namen. Sind solche vor dem Brande noch durchlocht worden, so heissen sie poröse Lochsteine. Alles aus porösen Steinen hergestellte und der Witterung ausgesetzte Mauerwerk schlägt infolge der in den Steinen zurück gebliebenen Asche und der hierin enthaltenen Alkalien leicht aus. Die Steine haben natürlich auch geringere Festigkeit als nicht poröse Vollsteine.

Ungebrannte Steine aus Thon, sogen. Luftsteine oder Lehmpatzen, werden nur noch selten und dann nur bei Gebäuden untergeordneter Art verwendet, dagegen häufiger Schlackensteine, Korksteine, die sogen. rheinischen Schwemmsteine und solche aus Verbindungen von Sand, Kalk und Zement, sogen. Kunststeine. Grössere Verbreitung gewinnen in neuerer Zeit namentlich die „Kalk-Sand-Steine", die aus einem Gemisch von 1 Raumtheil gelöschtem Kalk auf 6—10 Raumtheile Sand hergestellt, unter starkem Drucke geformt und darnach Wasserdämpfen in geschlossenen Bottichen ausgesetzt werden.

Für Rohbau-Fassaden werden die sogen. Verblender aus feinerem Thon hergestellt, welche gewöhnlich ein etwas grösseres Format als die gewöhnlichen Ziegel (252:122:69 mm) erhalten, so dass alle Fugen gleichmässig 8 mm dick werden. Auch führen die Thonwaaren-Fabriken zumeist eine Anzahl Formen von Profilsteinen für einfachere Rohbauten, die als Normalsteine von dem deutschen „Verein für Fabrikation von Ziegeln usw." angenommen worden sind, Fig. 1. Aehnliche Formen sind auch in Oesterreich in Aufnahme gekommen. Um eine bestimmte Färbung der Verblender zu erzielen, kann man entweder verschiedene Thonarten mischen, z. B. sich roth oder gelb brennende Thone, oder dem Thone gewisse chemische Stoffe, wie Brauneisenstein, Eisenocker usw. beimengen. Hierbei wird der Ziegel durch und durch eine gleichmässige Farbe erhalten. Es giebt jedoch auch mit dem Namen „engobirt" bezeichnete Verblender, welche zum Zwecke besserer Färbung entweder vor oder selbst nach dem Brande durch Eintauchen mit einer dünnen Schicht eines anderen Thones überzogen sind, die infolge erneuten Brennens fest an dem Ziegel haftet. Werden die Steine vor dem Brennen mit einem grauen Graphitschlamme bestrichen, so nennt man sie fälschlich „grau oder blau gedämpft", eine Bezeichnung, welche nur denen zukommt, die durch das „Schmauchverfahren", den Einfluss gewisser Rauchgase beim Brennen, eine graue Farbe bekommen haben. „Glasirte Verblender" erhält man entweder dadurch, dass man in die in Weissgluth stehenden Brennöfen Kochsalz wirft, dessen Dämpfe eine gelbliche oder bräunliche Glasur an der Oberfläche der Ziege erzeugen, oder dass man die bereits gebrannten Steine mit einer „Glasurmasse" bestreicht und dieselben dann nochmals der Ofenhitze aussetzt. Dieser Glasurmasse kann man durch mannichfache Zusätze fast jede beliebige Färbung geben.

Fig. 1.



Hat man bei einem Gebäude Ziegel von verschiedenartigem Formate zu verwenden (die Steine der einzelnen Ziegeleien weichen in der Grösse oft von einander ab), so muss man jedenfalls dafür sorgen, dass sie nicht unter einander gemischt, sondern sortirt werden, weil es sonst einen mangelhaften Verband geben würde.

b. Der Verband.

Während die senkrechten Fugen, Stossfugen, nur 1 cm stark gemacht werden, giebt man den wagrechten Fugen, Lagerfugen, eine Stärke von etwa 1,2 cm, so dass man 13 Steinschichten mit ihren Fugen auf 1 sogen. „steigendes" Meter Mauerwerk rechnet, wenn Normalsteine angewendet werden. Bei grosser Ungenauigkeit in der Form der Steine kann man aber gezwungen sein, anstatt 13 nur 12 Schichten auf ein steigendes m zu rechnen.

Nach dem deutschen Normalziegel-Format wird eine:

½	Stein	starke	Mauer	= 12 cm	dick
1	„	„	„	= 25 „	„
1½	„	„	„	= 38 „	„
2	„	„	„	= 51 „	„
2½	„	„	„	= 64 „	„
3	„	„	„	= 77 „	„

Allein dies ist in Wirklichkeit nicht zutreffend, denn wegen der Unregelmässigkeit der gewöhnlichen Ziegel müssen die Stossfugen stärker als 1 cm gemacht werden, so dass eine 1½ Stein starke Mauer 39 cm, eine 3 Stein starke schon 79 cm dick wird usw.

In neuerer Zeit hat man auch ¼ Stein starke Mauern in Zementmörtel als Theilungswände mit Erfolg ausgeführt.

Ein Stück von der vollen Steinbreite und Dreiviertel der Länge wird ein Dreiquartier, ein halber Stein ein Zweiquartier, ein Stein von der vollen Steinbreite und einem Viertel der Länge ein Quartier, Kopfstück oder auch Riemchen genannt.

Fig. 2.

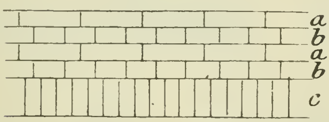


Fig. 3.

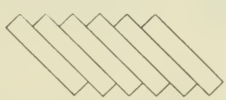


Fig. 4.

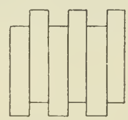


Fig. 5.

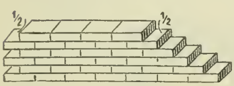


Fig. 6.

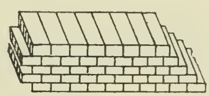


Fig. 7a.

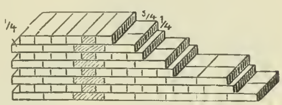
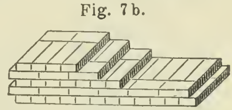


Fig. 7b.



Die lange Seite eines Steines heisst die Läuferseite, die schmale die Strecker- oder Binderseite. Demgemäss spricht man von Läuferschichten *a* in Fig. 2 und Strecker- oder Binderschichten *b* und nennt die darin enthaltenen Steine dementsprechend Läufer und Binder bezw. Strecker. Eine Mauerschicht *c* mit „auf hoher Kante" stehenden Steinen wird „Rollschicht" genannt. Ausserdem giebt es die Stromschicht in Fig. 3, welche dadurch entsteht, dass die Steine unter 45° geneigt gegen die Seiten der Mauer flach oder hochkantig gelegt werden, und den Zahnschnitt Fig. 4, bei welchem ein Stein gegen den anderen etwas vortritt.

Die Hauptregeln des Steinverbandes sind: 1. die Lagerfugen müssen wagrechte Ebenen durch die ganze Dicke der Mauern bilden; 2. die Stossfugen zweier aufeinander liegenden Schichten dürfen sich nur kreuzen, nie lang auf einander treffen und müssen möglichst durch die ganze Stärke der Mauern reichen; es müssen also möglichst viele Binder angeordnet werden. Eine 1½ Stein starke Mauer wird daher in jeder Schicht eine Läufer- und eine Streckerschicht, eine 2½ Stein starke dagegen 1 Läufer- und 2 Streckerschichten erhalten. Nach aussen kommen möglichst grosse, also ganze Steine, und es wechselt hier gewöhnlich eine Läufer- mit einer Streckerschicht ab. Zur Ausführung eines regelrechten Verbandes sind Dreiquartiere unerlässlich, welche bei gewöhnlichem Mauerwerk vom Maurer aus ganzen Steinen zurechtgeschlagen werden.

Folgende Arten von Mauerverbänden für gewöhnliche Mauersteine sind bei uns die bekanntesten:

α. Der Schornstein-Verband, Fig. 5, kommt nur bei ½ Stein starken Wänden, deshalb besonders bei Schornsteinen vor und wird ausschliesslich mit

Läufern ausgeführt. Eine unvollendete Mauer zeigt bei diesem Verbande eine „Verzahnung“, oder eine regelmässige Abtreppung.

β. Der Strecker-Verband, Fig. 6, kann bei einer 1 Stein starken Mauer angewendet werden; doch giebt er wegen des Fehlens jeglicher Läuferschicht einen schlechten Verband, weshalb dafür besser:

γ. der Block-Verband, Fig. 7a u. b, zu wählen ist. Derselbe besteht in der Ansicht aus zwei immer genau über einander wiederkehrenden Schichten, einer Läufer- und einer Binderschicht.

δ. Der Kreuz-Verband, Fig. 8, am meisten im Gebrauch, ist nichts weiter als ein abgeänderter Block-Verband, in welchem die eine Läuferschicht immer abwechselnd mit der zweiten um einen halben Stein verschoben ist. Die Abtreppung beim Kreuz-Verband ist ganz regelmässig $^1/_4$ Stein breit, während sie beim Block-Verband rhythmisch ist. Umgekehrt verhält es sich mit der Verzahnung.

ε. Der polnische oder gothische Verband, Fig. 9a u. b, wird nur selten, manchmal noch bei Quader-Mauerwerk ausgeführt, obgleich er gut aussieht. In jeder Schicht wechseln Läufer und Strecker ab, weshalb ein grosser Verlust

Fig. 8.

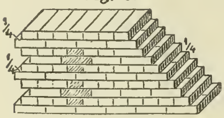


Fig. 9a.

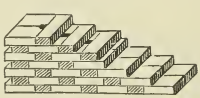


Fig. 9b.

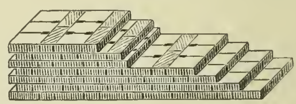


Fig. 10.

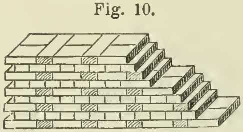


Fig. 11.

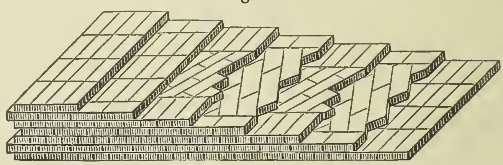


Fig. 12a.

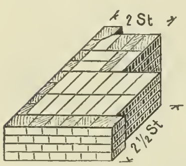


Fig. 12b.

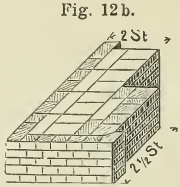


Fig. 13a.

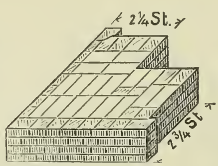
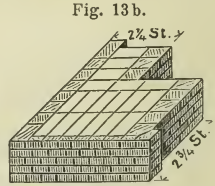


Fig. 13b.



infolge des Verhaues der ganzen Steine zu der grossen Zahl von Dreiquartieren stattfindet. Im Mittelalter wurde dieser Verband bei Füllmauerwerk viel angewendet. Das Gleiche ist mit dem:

ζ. holländischen Verband, Fig. 10, der Fall, dessen Binderschicht der des Block-Verbandes entspricht, dessen Läuferschicht sich aber, wie vorher, abwechselnd aus Läufern und Bindern zusammensetzt.

η. Der Strom- oder Festungs-Verband, Fig. 11, kann nur bei sehr starken Mauern Anwendung finden und enthält die meisten Verwechselungen der Fugen. Der Verhau bei den um mindestens 45^0 geneigten Diagonalschichten ist jedoch so gross, dass dieser Verband nur noch selten gebraucht wird; im Aeusseren zeigt er den Block- oder Kreuz-Verband. Es folgen sechs verschiedene Schichten, zwei gerade und vier diagonale, auf einander.

ϑ. Der Blend-Verband, Fig. 12a u. b, und 13a u. b, kommt in neuerer Zeit häufig da vor, wo das Mauerwerk eine Verkleidung mit feinen Verblendern erhalten soll. Der Ersparniss wegen nimmt man zumeist nur halbe und $^1/_4$ Steine, so dass im Aeusseren nur halbe Steine sichtbar sind. Man kann damit also auch $1^3/_4$, $2^1/_4$, $2^3/_4$ usw. Stein starke Mauern ausführen und es lassen sich mithilfe

von verschiedenfarbigen und glasirten Steinen dabei leicht die verschiedensten Muster darstellen.

Das bei Fachwerksbauten häufig vorkommende Ausmauern der Fache nach besonderen Mustern, sowie das Durchbrechen des Mauerwerks, wie man es bei Einfriedigungen und Brüstungen verwendet, ist kein eigentlicher Verband, wenn auch manchmal in solchen Fällen von einem „figurirten Verbande“ gesprochen wird.

Runde Säulen können aus besonders geformten Steinen, Fig. 14, mit meist zentral gerichteten Fugen oder aus gewöhnlichen Ziegeln aufgemauert werden, Fig. 15. Im ersteren Falle ist die gewöhnliche Regel zu beachten, dass die Stossfugen zweier auf einander liegenden Schichten sich nur kreuzen, nie aber in eine lothrechte Ebene fallen dürfen, im zweiten, dass möglichst viele ganze Steine in jede Schicht kommen und dabei ein richtiger Fugenwechsel stattfindet. Die erste Schicht wird bei jeder folgenden um 45° gedreht, bis sie wieder in die ursprüngliche Lage zurück kommt. Ein starkes Verhauen der Steine, sowie die Verwendung kleiner Steinstücke ist hierbei nicht zu vermeiden.

Fig. 14.

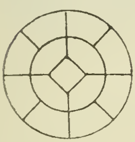
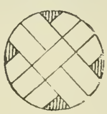


Fig. 15.



Die Endigung einer Mauer im Blockverband, Fig. 16a u. b, ist sehr einfach herzustellen. Es werden an das Ende so viele Dreiquartiere als Läufer gelegt, wie die

Fig. 16a.

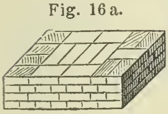


Fig. 16b.

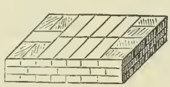


Fig. 17a.

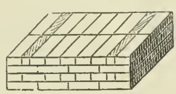


Fig. 17b.

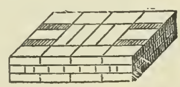


Fig. 18a.

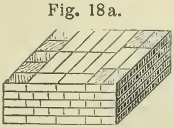


Fig. 18b.

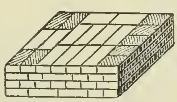


Fig. 18c.

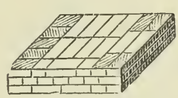


Fig. 19a.

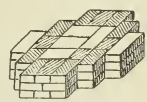
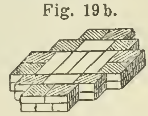


Fig. 19b.



Mauer halbe Steinstärken hat; daran ist der erste, gewöhnlich der Läufer-Verband, zu schliessen; in der zweiten Schicht kommen an das Ende zwei Binder-Dreiquartiere. Die Konstruktion mit Riemenstücken, halben, lang aufgespaltenen Steinen, Fig. 17a u. b, ist nicht zu empfehlen, weil das Spalten selten gelingt und deshalb meist nur Brocken zur Herstellung des Verbandes vermauert werden.

Beim Kreuz-Verband, Fig. 18a, b u. c, beginnt man ebenso wie beim Block-Verband; doch ist hier auf das Einschieben eines halben Steines zur Herstellung des Verbandes zu achten.

Die gewählten Beispiele zeigen auch deutlich, wie man bei Anlage von viereckigen, quadratischen oder rechteckigen Pfeiler-Querschnitten zu verfahren hat. Bei reicher gestalteten, aber mit geraden Vorsprüngen versehenen Pfeilern sind stets die früheren Regeln anzuwenden, nur die Dreiquartiere rücken nach der gewünschten Pfeilerform vor, Fig. 19a u. b. Bekommen die Pfeiler aber runde Ansätze (wie in gothischen und romanischen Formen), so müssen gewöhnlich fast alle Steine des Umfanges verhauen werden. Alle Schichten werden dann am besten gleichartig hergestellt und es muss nur jede folgende Schicht um 45° gedreht werden.

Bei den Ecken der Mauern muss, wenn an der einen Seite eine Läuferschicht liegt, dieselbe Schicht an der anderen Seite eine Binderschicht sein.

Es sei zunächst der Block-Verband, Fig. 20a u. 20b, zweier rechtwinklig zusammenstossenden Mauern, von denen eine $1^1/_2$ Stein, die andere 2 Steine

stark ist, herzustellen. Die inneren Kanten der Mauern müssen abwechselnd eine durchlaufende Fuge bilden. Die von diesen Fugen begrenzten Mauern werden wieder jede mit so vielen Dreiquartieren als Läufern angelegt, als sie halbe Steinstärken besitzen. Wo das an der Ecke liegende Dreiquartier seine Läuferseite zeigt, folgen die Läuferseiten nach; wo dasselbe als Strecker auftritt, folgen die Streckerseiten.

Der Kreuz-Verband beginnt mit den beiden Schichten des Blockverbandes; bei den beiden folgenden, Fig. 20c u. d, ist auf das Einschalten eines halben Steines bei den Läuferschichten zu achten.

Fig. 20a u. b.

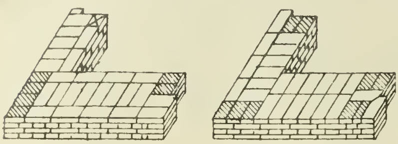


Fig. 20c u. d.

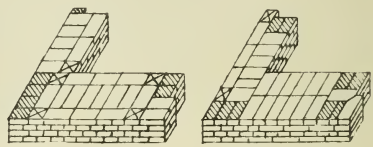


Fig. 21a.

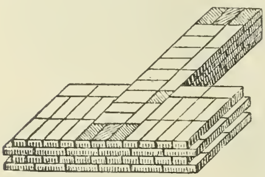


Fig. 21b.

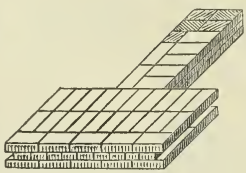


Fig. 23a u. b.

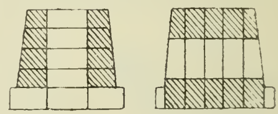


Fig. 22a.

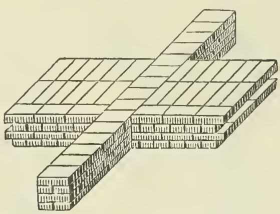


Fig. 22b.

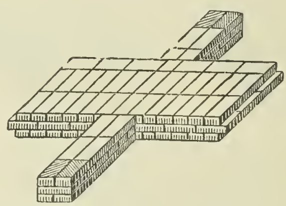


Fig. 24.

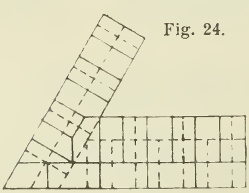
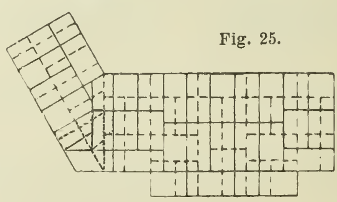


Fig. 25.



Stösst eine Scheidemauer mit einer anderen rechtwinklig zusammen, so geht auch hier der Verband abwechselnd durch, Fig. 21a u. b. Dasselbe ist bei zwei sich durchdringenden Mauern der Fall, Fig. 22a u. b.

Sind Thür- oder Fenster-Oeffnungen anzubringen, so ergeben sich die Mauer-Endigungen, wie sie vorher in Fig. 12, 13 u. 20 dargestellt sind, deren Vorsprünge hier „Anschläge" genannt werden. Unangenehm ist bei einem so kleinen Fensteranschlage, wie ihn Fig. 20 zeigt, dass derselbe in der jedesmaligen zweiten Schicht durch einen Viertelstein gebildet werden muss, was natürlich nicht sehr haltbar, aber unvermeidlich ist, wenn man nicht kostspielige Form-

steine beschaffen will. Uebrigens wird der Fall nur da eintreten, wo ohne Doppelfenster gebaut wird, weil diese einen Anschlag von mindestens 12 cm erfordern.

Bei abgeschrägten Zwischenpfeilern zwischen zwei Fenstern muss starker Verhau stattfinden. Dabei ist die Verwendung von langen Riemstücken durchaus zu verwerfen, Fig. 23a u. b.

Schwieriger wird die Anordnung des Verbandes, sobald mehrere Mauern unter spitzen oder stumpfen Winkeln zusammenstossen. Neben den bereits besprochenen Regeln über den Verband ist hierbei vor allem darauf zu sehen, dass die einzelnen Steine stets im rechten Winkel zur Mauerfront gelegt und dass möglichst viele ganze Steine verwendet werden. Dasselbe ist bei Lisenen und sonstigen Mauervorsprüngen der Fall, Fig. 24 u. 25.

Des Wärmeschutzes wegen werden die Aussenmauern frei stehender Gebäude mit Luftschichten von 4 bis 6 cm Stärke hergestellt. Bei $1^1/_2$ Stein starken Mauern pflegt nach aussen die Stärke von 1 Stein gelegt zu werden, darauf die Luftschicht und nach innen noch $^1/_2$ Stein, Fig. 26. Beide Mauern müssen wiederholt durch sogen. Binder verbunden werden, welche, wenn ein Durchfeuchten der Mauer an dieser Stelle zu befürchten ist, in Zementmörtel 1:2 zu legen und vorher in eine heisse Mischung von Asphalt und Goudron zu tauchen sind. Auch ist darauf zu achten, dass die enge Luftschicht nicht durch herabfallenden Mörtel verschlossen werde, was man beim Fortschreiten des Baues durch allmähliges Heraufziehen eines 4 bis 6 cm dicken, in der Luftschicht an Handgriffen befestigten Bohlenstreifens verhindern kann.

Fig. 26.

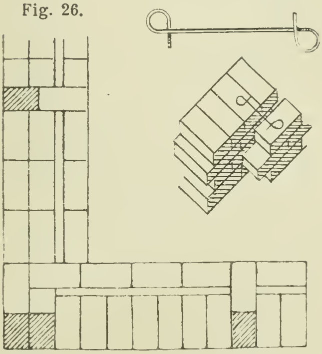


Fig. 27a u. b.

Bequemer ist das amerikanische Verfahren, wobei nach Fig. 27a gebogene starke Eisendrähte statt der Bindersteine in der durch Fig. 27b angedeuteten Weise in die Lagerfugen gelegt und mit Zementmörtel vermauert werden.

Einen annähernd gleichen Erfolg wie mit Hohlmauern kann man übrigens auch durch das Mauern mit Hohlsteinen (Lochsteinen) erzielen. Gerade solche Steine sind immer vorzüglich durchgebrannt und haben weniger als gewöhnliche Mauersteine die Fähigkeit, Feuchtigkeit aus der Luft aufzunehmen.

c. Ausführung des Ziegelmauerwerks.

Die Ausführung des Ziegelmauerwerks geschieht folgendermaassen:

Nachdem mithilfe von Schnurböcken der Gebäude-Umfang und die inneren Mauern festgelegt sind, werden auf sogen. Maasslatten — gehobelten, recht langen und geraden Dachlatten — welche auf der Sohle der Baugrube oder den Fundamenten ausgelegt werden, alle Pfeiler, Vorsprünge, Ecken, Thür- und Fensteröffnungen mit dem Bleistift genau angezeichnet und darnach die ersten Schichten des Mauerwerks angeordnet. Ferner werden einige Latten angefertigt, auf welchen die Höhe der Schichten einschliesslich der Mörtelfugen, sowie die Geschosshöhen angegeben sind. Diese werden bei der Ausführung des Mauerwerks an die Ecken gehalten, damit die Maurer wagrechte Schichten herstellen, wozu übrigens auch die an zwei in die Stossfugen geklemmten Nägeln befestigte Schnur dient. Bei besonders sorgfältiger Verblendung müssen die Steine vor dem Vermauern sortirt und wo möglich an unregelmässigen Kanten mit Messern und Hämmern nachgearbeitet werden. Dies nach dem Vermauern zu thun, ist nicht gut, weil die kleinen Riemchen dabei losgerüttelt würden. Grössere Mauerabsätze, Balkenlagen, Fensterbrüstungen und Sturze lothet man mit der Waagelatte und Setzwaage oder der Wasserwaage ein; statt der Setzwaage bedient man sich häufig auch einer gewöhnlichen Libelle. Bei sehr umfang-

reichen Gebäuden empfiehlt es sich, wenigstens nach Fertigstellung eines jeden Geschosses, die äussersten Punkte des Grundrisses mittels eines Nivellir-Instrumentes auf richtige Höhenlage zu prüfen.

Hauptregel ist, dass das Mauerwerk immer in gleichen Höhen ausgeführt wird, damit der Druck auf den Untergrund stets gleichmässig vertheilt bleibt und ungleiches Setzen der Bautheile vermieden wird. Setzen tritt übrigens in geringem Maasse schon durch das Trocknen des Mörtels ein. Dieses durch das Schwinden des (Kalk-) Mörtels hervorgerufene Setzen beträgt erfahrungsmässig $^1/_{200}$—$^1/_{250}$ der Höhe des Ziegelmauerwerks. Lässt sich die „Gleiche“ nicht überall durchführen, so ist es besser, den Zusammenhang ungleich hoher Theile durch eine Abtreppung, als durch eine Verzahnung zu bewirken.

An den Thürstellen werden Holzzargen lothrecht aufgerichtet, abgesteift („abgeschwärtet“) und dann nach und nach eingemauert. Eiserne Stützhaken zu Thüren usw., feste Fenstergitter, Thürdübel werden ebenfalls gleich mit vermauert, Deckbohlen der Thüren jedoch erst später eingelegt, bevor mit dem Putzen der Räume begonnen wird.

Die Lage von Fenster- und Thüröffnungen in den oberen Geschossen bestimmt man durch Herauflothen der Mitten der unteren Oeffnungen.

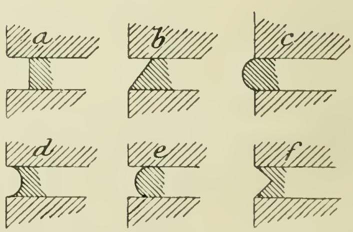
Zur Hintermauerung von Werksteinen ist stets sogen. verlängerter Zementmörtel zu verwenden, damit ein ungleichmässiges Setzen in den beiden Theilen des Mauerkörpers vermieden werde. — Theile, welche grosse Lasten zu tragen haben, also Pfeiler, Gurtbogen nebst Widerlagern, mauert man aus hart gebrannten Steinen (Klinkern) mit Zement — oder verlängertem Zementmörtel.

Welchen Mörtel man auch verwenden mag, stets ist die Hauptbedingung, dass der zu verlegende Stein von Schmutz und Staub gereinigt und gründlich angenässt vermauert werde. An heissen Tagen und bei Verwendung von hydraulischem Mörtel ist es sogar nothwendig, den Stein durch Einlegen in Wasser mit Feuchtigkeit zu sättigen, damit dem Mörtel die zum Abbinden nöthige Wassermenge nicht fehle. Bei stark gesinterten, glasigen Steinen ist beim Tränken Vorsicht nöthig, weil sie, vermauert, leicht „schwimmen“.

Der Stein erhält vom Maurer einen Mörtelstreifen an der Läuferseite und wird dann in das auf dem Lager bereitete Mörtelbett ein- und gegen den Nachbarstein angedrückt. Vieles Hin- und Herschieben und Klopfen mit dem Hammer ist schädlich, weil der Stein infolge der sofortigen Wasseraufnahme aus dem Mörtel dann an der Festigkeit der Lage einbüsst.

Man mauert entweder mit vollen oder, was häufiger geschieht, mit hohlen Fugen. Letztere sind solche, bei denen in der Ansichtsfläche ein etwa 2,5 cm tiefer, leerer Raum verbleibt. Mit hohlen Fugen mauert man immer, wenn das Mauerwerk später geputzt wird oder die Fugen beim Rohbau nachgefugt werden sollen. Vor dem Ausfugen muss Aufkratzen der Fugen mit einem harten Besen bezw. der Kelle stattfinden, damit auch etwas bröckliger Mörtel mit entfernt werde; hiernach ist stark mit dem Maurerpinsel zu nässen, endlich mittels eines profilirten Fugeneisens der Mörtel einzustreichen. Fig. 28a zeigt das am häufigsten angewendete Fugenprofil; Fig. 28c ist bei Bruchsteinmauerwerk und bei Verblendern mit schlechten Kanten gebräuchlich, aber stark der Witterung ausgesetzt und deshalb leicht zerstörbar. Bei engfugigem Rohbau bleiben die Fugen häufig hohl, ohne dass überhaupt nachgefugt wird; oder die Steine werden gleich in farbigen Mörtel gelegt, was zwar sehr gut, aber theuer ist. Die Maurer müssen dann zwei Kalkkasten, bezw. mit gewöhnlichem und mit gefärbtem Mörtel gefüllt, bei sich haben. — Zum Färben von Fugenmörtel sind unter gänzlicher Vermeidung von Erdfarben zu empfehlen: Ziegelmehl, gemahlene Hohofenschlacke, Eisenoxyd (caput mortuum) und Braunstein. Am besten

Fig. 28.

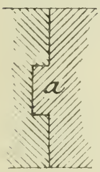


geeignet zum Fugen ist Mörtel aus hydraulischem Kalk, weniger solcher aus Fettkalk, der auch der Färbung ein kreidiges Aussehen giebt, am wenigsten jedoch Zementmörtel, weil er leicht rissig wird und später einen weissen Ausschlag sowohl in den Fugen, wie an den Kanten der Steine hervorbringt. In die mit Mörtel gefüllten, starken Fugen von Bruchstein-Mauerwerk werden kleine Steinstücke eingedrückt (Auszwicken), um das Reissen des Mörtels zu verhüten.

Bei Rohbau ist ein genaues Aufgehen der Schichtenzahl in die Mauerhöhe nothwendig, um mit einer ganzen Schichthöhe zu endigen, während man bei zu putzenden Mauern allenfalls mit einer Schicht zugehauener Ziegel oder mit Dachsteinen abschliessen kann.

Die unmittelbare Verbindung von altem mit neuem Mauerwerk durch Verzahnung ist zu vermeiden, weil durch das Setzen des letzteren leicht Risse entstehen; besser ist schon eine Abtreppung, doch auch diese ist nicht einwandsfrei. Wenn also ein gewisser Zusammenhang hergestellt werden muss, ohne dass eine offene Fuge zulässig ist, so wird eine Verfalzung, Fig. 29, ausgeführt, welche dem neu hinzutretenden Mauerwerk das Setzen erlaubt.

Fig. 29.



Einzelne, höher als die übrigen aufzuführende Bautheile, wie z. B. grössere schmückende Aufbauten, Thürme, hohe Schornsteine, werden am besten ausser Zusammenhang mit dem übrigen Mauerwerk hergestellt. Sollte das unmöglich sein, so empfiehlt es sich, sie früher aufzuführen, damit das durch die grössere Schwere bedingte Setzen und Zusammenpressen des Baugrundes und des Fugenmörtels bereits vor sich gegangen ist, wenn die übrigen Gebäudetheile errichtet werden. — Stark belastete, kleinere Theile eines Bauwerks, wie z. B. Auflager von Eisenträgern, pflegt man wohl in Zementmörtel zu mauern. Das (baupolizeilich vielfach vorgeschriebene) Verfahren ist wenig zweckmässig und wird besser durch Einlegen einer ausreichend grossen Auflagerplatte von Gusseisen oder Werkstein ersetzt.

Bei sehr starken Mauern, besonders Fundamenten, kann man im Inneren Hohlräume, Luftkanäle, anlegen, um dort dem Mörtel die Möglichkeit des rascheren Erhärtens zu geben.

Bei mehr als 3 Grad Kälte ist das Mauern, ausser an ganz geschützt liegenden Orten, einzustellen; tritt mit der Kälte auch Schneefall auf, so wird das schon früher nothwendig. Das oberflächliche Ausfrieren der Fugen schadet nichts; wenn aber in den oberen Schichten der Mörtel gefriert, so ist der Zusammenhang zerstört und sind die betr. Theile im Frühjahr wieder abzubrechen.

Zum Schutz gegen das Eindringen sowohl von Feuchtigkeit, wie Frost, hat man die Mauern im Herbst sorgfältig abzudecken, wozu am besten Dachpappe benutzt wird, welche etwas breiter als die abzudeckende Fläche und mit Ziegeln beschwert sein muss. Beim Fehlen von Dachpappe kann man Mauersteine — wenigstens vier Lagen — aufbringen, oder eine Bretterbedeckung ausführen. Auch die auf dem Bauplatze lagernden Steinvorräthe müssen im Herbst mit Rasen, Stroh und Brettern gegen das Eindringen der Nässe geschützt werden; oder man hat die nassen Steine im Frühjahr vor dem Verbrauch auszusondern und erst an der Luft zu trocknen. Ein von Regen und Schnee durchnässter Stein trocknet nur schwer wieder.

Bei höheren Kältegraden kann man im Winter mit warmem Mörtel, der mit heissem Wasser bereitet wird, oder auch mit erwärmten Steinen mauern, besonders Fundamente; nur muss man dann letztere sofort mit Sand verschütten. Die Verwendung von Zementmörtel im Winter erheischt aber grosse Vorsicht, da derselbe frisch schon bei geringen Kältegraden zerstört werden kann (durch Auseinandertreiben durch das eingeschlossene gefrierende Wasser). Salzzusatz in ganz geringen Mengen ($^1/_4$—$1^1/_2$ Prozent) ist unbedenklich; grössere Antheile bringen aber die Gefahr mit sich, dass das Mauerwerk dauernd feucht bleibt. In jedem Falle ist es vorzuziehen, angewärmtes Mörtelwasser sowohl wie angewärmte Steine und durch reichlichen Sandzusatz gemagerten Mörtel anzuwenden. Putz aus Zementmörtel hergestellt, darf bei Frostwetter nur leicht gerieben werden, damit das überschüssige Wasser austreten kann. Mörtel aus

langsam abbindendem Zement braucht mehrere (mindestens drei) Tage, bis er dem Frost mit Sicherheit ausgesetzt werden kann; rasch bindender vollendet seinen Abbindeprozess in entsprechend kürzerer Zeit. Der abgebundene Zementmörtel kann sowohl sehr hohe Temperaturen, wie starken Frost ohne Nachtheil aushalten. Gipsmörtel verträgt Frost, weil er rasch abbindet und dann der Frost nur noch wenig Einfluss auf ihn hat.

Rohbau-Fassaden können nach der Fertigstellung mit Bürsten und mit durch Wasser erheblich verdünnter Salzsäure ($^1/_2$—1 prozentiger) gereinigt werden. Mit dem Absäuern muss man aber vorsichtig sein, weil manche Verblender das Verfahren nicht vertragen, sondern dadurch grün, eisenhaltige braun werden, und ausserdem auch Abblätterungen möglich sind. Sand- und Granitsteine sind unter keinen Umständen mit Salzsäure, sondern nur mit reinem Wasser abzuwaschen. Wenn es unmöglich ist, dadurch alle Unreinheiten zu entfernen, so kann man einen Versuch mit Aetzkali-Lösung (Seifenstein) machen, muss aber zuvor deren Einfluss auf den Stein beobachten. Braune Mangan-Ausschwitzungen bei Sandstein lassen sich mit verdünnter (weisser) Schwefelsäure einigermaassen entfernen. Solche Ausschwitzungen verschwinden aber auch mit der Zeit durch den Einfluss der Sonne und des Regens von selbst. Ein Ueberarbeiten der Steine nützt wenig oder nichts.

II. Das Wesentlichste über Mörtel.

Zur Verbindung der Steine in den Mauern dient der Mörtel, dessen verschiedene Arten folgende sind: 1. der Lehmmörtel, 2. der Kalkmörtel, und zwar a. der gewöhnliche und b. der hydraulische Kalkmörtel, 3. der Zementmörtel, 4. der Gipsmörtel und 5. der Chamottemörtel.

1. Der Lehmmörtel, das älteste bekannte Verbindungs-Material, hat kaum Haltbarkeit, wenn er nicht durch überhängende Dächer gegen Regen geschützt ist. Er wird deshalb nur bei ländlichen Gebäuden mit klein gehacktem Stroh oder Schilf zusammen gemischt benutzt, ohne letzteres auch bei Feuerungsanlagen, in welchen keine zu starke Hitze entwickelt wird. Sehr fetter Thon ist nicht besonders zu Mörtel geeignet, weil er beim Trocknen reisst. Muss man solchen verwenden, so wird er zweckmässigerweise mit reinem Sande gemagert.

2. Beim Kalkmörtel ist zu unterscheiden: a. der aus reinem, fettem Kalk, Weisskalk, bereitete, welcher durch Brennen aus Kalkstein gewonnen ist, der wenig (unter 10%) oder keine Silikate enthält. Dieser Kalk löscht sich durch Aufnahme von Wasser und erhärtet, mit Wasser zu einem Brei angerührt, langsam an der Luft, doch nicht unter Wasser; b. der aus magerem, d. i. schwach hydraulischem, Schwarz- oder Graukalk hergestellte, welcher letztere mässige Mengen (16—18%) Silikate enthält, sich langsamer löscht, als der Weisskalk an der Luft, aber auch unter Wasser langsam erhärtet. Ist der Prozentsatz an Silikaten grösser, etwa bis 30%, so löscht sich dieser magere Kalk gewöhnlich nicht mehr. Hierzu gehören auch Magnesia- und dolimitische Kalke, die häufig zu Hoch- und Wasserbauten verwendet werden, aber, besonders in Fabrikstädten, aus der mit Rauch erfüllten Luft schweflige Säure aufnehmen, Magnesiasulfat und dadurch nasse Flecken bilden. Hierher gehört endlich: c. der aus stark hydraulischem Kalk, einem Stein gewonnene Kalk, der 30—60% Silikate enthält, sich nicht löscht und ziemlich rasch unter Wasser erhärtet. (Bei mehr als 50% Silikaten ist ein Verarbeiten ohne Zusatz von Weisskalk nicht mehr möglich.)

Romanzement steht dem hydraulischem Kalk nahe, unterscheidet sich von ihm durch besonders rasche Erhärtung unter Wasser, aber auch durch später eintretende Volumen-Vergrösserungen, die selbst durch reichlichen Sandzusatz (Magerung) nicht ganz zu verhindern sind.

Bei jedem Kalk ist zu beachten, dass derselbe nicht todtgebrannt sei. Ist nämlich die Gluth beim Brennen zu stark, so verbindet sich der Kalk mit der etwa vorhandenen Kieselsäure, sintert mit dieser zusammen und löscht sich dann nicht. Bei ganz reinem kohlensaurem Kalk kommt dies allerdings auch bei stärkster Gluth nicht vor. Wenn beim Löschen dem fetten Kalk nach und nach Wasser zugesetzt wird, wobei man 1 Gewichtstheil Kalk auf 2—3 Gewichtstheile Wasser rechnet, „gedeiht“ derselbe, d. h. es vermehrt sich während dieses Vor-

ganges der Kalk auf das $2^1/_2$—$3^1/_2$ fache seines ursprünglichen Raumgehaltes, wird heiss und zerfällt zunächst zu Staub. Dasselbe findet aber auch dadurch statt, dass der Kalk Feuchtigkeit aus der Luft aufnimmt; doch muss das immer durch Trockenhaltung in Schuppen oder Gefässen verhindert werden, weil der Kalk zugleich Kohlensäure aus der Luft aufnimmt und deshalb z. Th. wieder zu kohlensaurem Kalk wird, was er vor dem Brennen war. Im Laufe des Löschprozesses bilden sich Aetzkalk und Kalkmilch, welche in Kalkgruben gesammelt werden. Bei dem Löschen ist darauf zu achten, dass dem Kalk weder zu viel noch zu wenig Wasser zugesetzt wird; denn im ersteren Falle „ersäuft", im zweiten „verbrennt" er. Erst wenn der Kalkbrei in der Grube so weit eingetrocknet ist, dass sich 2—3 cm weite Risse in seiner Masse bilden, soll er verwendet werden, abgesehen von besonderen Fällen, wie der Herstellung von Mauerwerk bei Frostwetter; hierzu ist frisch gelöschter, noch warmer Kalk im Vorzuge, weil seine Abbindedauer eine kürzere ist.

Mageren Kalk (hydraul. Kalk) bedeckt man vor dem Löschen, um die sich in geringerem Grade entwickelnde Wärme zusammen zu halten, mit Sand und übergiesst dann den Haufen mittels einer Brause langsam mit Wasser, bis der Kalk gänzlich zu Pulver zerfallen ist. An anderen Orten wird der in Körbe gefüllte Kalk in Wasser getaucht, um darnach zu Pulver zu zerfallen. Dieses wird nach Zusatz von Wasser und wenig Sand sofort zur Mörtelbereitung benutzt. Dasselbe geschieht beim stark hydraulischen Kalk, der aber nach dem Brennen zu Pulver gemahlen werden muss, weil er sich nicht mehr löscht. —

Der zum Mörtel zu verwendende Sand muss nicht zu fein, also mittelkörnig, scharfkantig und rein sein; günstiger als Gleichmässigkeit der Korngrösse ist aber Sand, in welchem von Grobkorn herab bis zum Feinstkorn alle Korngrössen so gemischt sind, dass die Summe der Zwischenräume (Poren) ein Kleinstes wird. Thoniger oder erdiger Sand, ferner salziger Meersand muss erst mit süssem Wasser gewaschen werden, während sich dunkler, eisenoxydhaltiger Sand sehr gut zur Mörtelbereitung eignet.

Fluss und Regenwasser ist das zum Löschen und zur Mörtelbereitung tauglichste, weniger Brunnen- und Quellwasser wegen seines Gehaltes an Kohlensäure. See- und Brackwasser, sowie alles Wasser mit bedeutendem Gehalt an Chlormetallen, Säuren, kohlensauren Salzen und Ammonverbindungen ist nicht zu gebrauchen, weil es in den Mauern schädlich wirkt.

Das Mischungs-Verhältniss zwischen Sand und Kalk ist nach der Fettigkeit des letzteren zu bestimmen, und zwar wechselt dasselbe zwischen 1 Theil Kalk und 2—4 Theilen Sand. Eine Mischung von 1 Theil Kalk und 2 Theilen Sand ergiebt etwa 2,4, eine solche von 1 : 3 etwa 3,2 Theile Mörtel.

Der gewöhnliche Luftmörtel, welcher bei Hochbauten und da Anwendung findet, wo die Mauern nicht unmittelbar mit Feuer oder Wasser in Berührung kommen, erhärtet langsam durch Verdunsten des Wassers und Aufnahme von Kohlensäure aus der Luft, wodurch sich kristallinischer, kohlensaurer Kalk bildet. Wenn das Wasser zu schnell verdunstet oder vom Backstein aufgesaugt wird, wird der Mörtel bröcklig und zerfällt; wenn es nicht verdunsten kann, wie bei sehr starken Mauern, bleibt der Mörtel lange Zeit weich. (Bei der durch Brand zerstörten Kreuzkirche in Dresden zeigte der Mörtel nach 110 Jahren im Werksteinmauerwerk nirgends eine Spur von Erhärtung oder Bindekraft.)

Sparkalk, eine Verfälschung des Mörtels mit Lehm, bindet nicht, seine Verwendung ist daher auch polizeilich verboten.

Der hydraulische Kalk-Mörtel erhärtet durch Bildung und Kristallisation theils kohlensauren Kalkes, theils eines zusammengesetzten Silikates von Thonerde und anderen Basen. Er kann also sowohl an der Luft, wie unter Wasser verwendet werden; doch ist es wegen der Gefahr des Ausspülens gut, ihn zunächst etwas an der Luft, etwa einen Tag lang, abbinden zu lassen, ehe er mit dem Wasser in Berührung kommt. Für Feuerungen ist er nicht anwendbar.

Gewöhnlichen Luftmörtel kann man durch Zusatz von Puzzolane, Santorinerde und Trass (siehe unter 4, S. 13), weniger von gemahlenen Schlacken, Ziegelmehl usw. schwach hydraulisch machen. Das Mischungs-Verhältniss wird hier

am besten ausprobirt; bei Verwendung von Trass nimmt man gewöhnlich 1 Theil Trass, 1 Theil Kalkbrei und 1 bis 2 Theile Sand. Hydraulischer Mörtel beginnt den Abbindeprozess schon bei der Mörtelbereitung und darf deshalb erst kurz vor dem Verbrauch bereitet werden.

3. Der Zement oder künstliche hydraulische Kalk ist dem natürlichen in der Fähigkeit, unter Wasser oder an der Luft zu erhärten, weitaus überlegen. Hier kommt nur Portland-Zement inbetracht, der sowohl schnell als langsam bindend hergestellt wird. Rasch bindender Zement wird weniger fest als langsam bindender, und ist bei nicht sehr sorgfältiger Verarbeitungsweise der Gefahr des Treibens unterworfen. Als langsam bindend gilt nach den deutschen Normen solcher Zement, welcher erst in zwei Stunden oder in längerer Zeit eine Festigkeit erlangt, bei der ein daraus bereiteter Brei einem leichten Druck mit dem Fingernagel widersteht. In Oesterreich und anderswo werden unterschieden: Langsam-, Mittel- und Raschbinder, und sind für die Einreihung in eine dieser Gattungen genaue Bestimmungs-Methoden festgesetzt. Der Portland-Zement wird zuweilen durch Beimischung von werthlosen Bestandtheilen als Asche, Thon, Sand und besonders gemahlener Hohofen-Schlacke gefälscht. Diese Zusätze machen den Zement in gleichem Maasse, als sie erfolgen, minderwerthig, ohne ihm jedoch schädliche Eigenschaften zu verleihen, wie dies ein Antheil von Magnesia thut, wenn er über einige Prozente hinaus geht. Magnesiahaltiger Zement birgt in hohem Grade die Gefahr des Treibens in sich, die sogar noch nach langen Jahren eintreten kann. Um Portland-Zement auf die Gefahr des Treibens zu prüfen hat man nach den „Normen für einheitliche Lieferung und Prüfung von Portland-Zement" aus reinem Zement mit Wasser einen Kuchen anzufertigen und auf einer Glasplatte auszubreiten, der anfangs durch nasse Tücher und geschlossene Gefässe gegen Austrocknen und Zugluft zu schützen, nach 24 Stunden aber unter Wasser zu legen ist. Zeigen sich dann nach 3—28 Tagen radiale Kantenrisse (von aussen nach innen gehend) und Verkrümmungen der Ränder, so ist das Treiben erwiesen. Zu verwechseln sind solche Risse nicht mit Trocken- oder Schwundrissen, die in der Mitte des Kuchens entstehen, hier am stärksten sind und nach dem Rande zu spitz verlaufen. Solche Risse lassen keinen Schluss auf fehlerhafte Eigenschaften des Zementes zu.

Zur Bereitung des Zementmörtels muss man, wenn der Fertigstellung nicht der Verbrauch auf dem Fusse folgt, lieber etwas Wasser im Ueberschuss geben, da hierdurch der Abbindeprozess ein wenig verzögert wird. Hingegen kann man denselben durch Verwendung von warmem Wasser beschleunigen. Diese Thatsache ist von einiger Bedeutung bei Ausführungen zurzeit gelinden Frostwetters. Hier leistet indess auch eine Bereitung des Mörtels mit möglichst geringem Wasserzusatz und reichlich Sand sowie ebenfalls ein kleiner Zusatz von Kochsalz zum Mörtelwasser gute Dienste. Da Zementmörtel unter Wasser zwar langsamer als an der Luft erhärtet, aber auch wesentlich fester wird, muss man Zementmauerwerk oder -Putz bei Hochbauten aus Zementmörtel während längerer Zeit feucht halten. Diese Nothwendigkeit macht besondere Schutz-Vorrichtungen nöthig, wenn Putz oder Gliederungen aus Zementmörtel in heisser Jahreszeit an dem Sonnenbrande ausgesetzten Mauerflächen hergestellt werden sollen. Starke Anfeuchtung des Putzgrundes und öfteres Anspritzen oder — noch besser — Verhüllen der Flächen mit feucht gehaltenen Tüchern ist nothwendig, um eine ausreichende Güte der Ausführung zu sichern.

Bei der Mörtelbereitung ist der Zement zuerst mit trockenem Sande zu vermengen und dann erst das Wasser zuzusetzen. Gewöhnlich ist das Mischungs-Verhältniss 1 Theil Zement auf 1—5 Theile Sand, je nach dem Zweck, zu welchem der Mörtel gebraucht wird. Die Mischung von 1 Theil Sand und 1 Theil Zement giebt nach der „Dienstanw. f. d. Lokalbaubeamten der Staats-Hochbauverw." etwa 1,25, die von 1 : 2 etwa 2,10, die von 1 : 3 etwa 2,90 Theile Mörtel.

Abgesehen von Bauten in Gegenden mit nassem Untergrund und feuchtem Klima, wo Zementmörtel zum Schutz gegen aufsteigende Grundfeuchtigkeit, sowie als Putz auf Aussenmauern gegen Wetterfeuchtigkeit gute Dienste leistet, wird bei Hochbauten der Zement am besten nur als Zusatz zu gewöhnlichem Kalkmörtel verwendet. Der Zementmörtel leidet, bei Hochbauten angewendet,

an dem Fehler, Ausschläge oder Ausblühungen, Flecke usw. noch während einiger Jahre nach der Herstellung zu zeigen. Das Ende dieser Ausscheidungen muss, wenn man die Putzflächen mit Tapeten oder Anstrich decken will, abgewartet werden, um Ablösungen oder mangelhaftem Aussehen der Flächen vorzubeugen. Aber auch bei längerem Warten — 1 bis 2 Jahre — muss vor dem Aufbringen von Bezügen auf Zementputz-Flächen Tränkung der letzteren mit einer stark verdünnten Schwefel- oder Salzsäure-Lösung oder einer schwachen Lösung von kohlensaurem Ammoniak in Wasser und alsdann eine gute Abspülung mit reinem Wasser vorgenommen werden, da besonders ein aufgetragener Oelfarben-Anstrich nur nach einer zuvorigen Behandlung des Grundes in dieser Art Dauer verspricht. Das zu der Oelfarbe verwendete Leinöl verseift mit den Alkalien des Zementes und trocknet dann entweder zu Pulver oder wird vom Regen abgespült.

Die Eigenschaft des Ausblühens macht den Gebrauch von Zementputz im Inneren von Gebäuden meist unthunlich, wie desgleichen die Anwendung von Fugenverstrich aus Zementmörtel bei Fliesen-Verlegungen und allen Rohbauten; bei letzterer Anwendung treten die Ausscheidungen des Zementes sogar in die Kanten der angrenzenden Ziegelsteine über und können, wenn sie auch keine Zerstörung der Steine verursachen, doch den Bau im höchsten Grade unansehnlich machen.

Zementmörtel besitzt die Eigenschaft des Schwindens in erheblich geringerem Maasse als Kalkmörtel. Der grosse Unterschied, welcher hierin gegen Kalkmörtel besteht, kann Schaden anrichten, wenn es sich um die Verwendung von Zementmörtel zu einzelnen Theilen eines Baues handelt, der im übrigen aus Kalkmörtel hergestellt wird; er kann aber auch von grossem Vortheil da sein, wo es sich um die Herstellung sogen. unwandelbaren Mauerwerks handelt, oder wo z. B. ein Bau auf ungünstigem Untergrunde ausgeführt wird. Hierbei sind indessen die Formen des Mauerwerks, die Massen desselben und Anderes ebenfalls von so grossem Einfluss, dass die Entscheidung der Frage der vortheilhaften Anwendung von Zementmörtel durchaus von den Besonderheiten des Einzelfalles abhängig ist und sorgfältig erwogen sein will.

Während sonach der Anwendung des reinen Zementmörtels bei Hochbauten ziemlich enge Grenzen gezogen sind, ist die Benutzung von Zement als Zusatz zu Kalkmörtel, der verlängerte Zementmörtel oder Zement-Kalk-Mörtel vortheilhaft, theils infolge Beförderung der Schnelligkeit des Abbindens, theils durch Vermehrung der Festigkeit des Mauerwerks gegenüber dem reinen Kalkmörtel.

Selbst bei Betonirungsarbeiten (im Trocknen ausgeführt) ist ein magerer Kalk-Zementmörtel einem mageren, reinen Zementmörtel unbedingt vorzuziehen, da ein Mörtel aus 1 Theil Zement, 6 Theilen Sand und 1 Theil Kalkbrei bereitet, sich solchem aus 1 Theil Zement und 6 Theilen Sand gegenüber auszeichnet: 1. durch grössere Zug- und Druckfestigkeit, 2. durch grössere Adhäsion und 3. durch rasche Erhärtungs-Fähigkeit gegenüber Trass- und hydraulischen Kalkmörteln. Ausserdem gewinnt Zementmörtel durch Kalkzusatz an Dichtigkeit. Für Wölbungen ist ein besserer Mörtel als Kalk-Zementmörtel kaum denkbar, weil er das Setzen des Mauerwerks noch gestattet, welches reiner Zementmörtel verhindern würde. Die Bildung von Rissen ist deshalb bei diesem unausbleiblich.

Erwähnt werden mag schliesslich die grosse Widerstandsfähigkeit, welche Zementmörtel gegen hohe Hitzegrade besitzt. Da Portland-Zement bei Temperaturen von 1200—1400^0 gebrannt wird, übersteht er Hitzegrade, wie sie bei Feuersbrünsten überhaupt vorkommen können, doch nimmt bei Erhitzungen von etwa 200^0 C. an seine Festigkeit allerdings ab.

Eine täglich zunehmende Anwendung des Zementmörtels im Hochbau ist diejenige zu Betondecken, zu welchen er als unübertrefflich sich erweist. Näheres hierzu im Haupt-Abschnitt IV, betr. Feuersicherheit usw.

4. Trassmörtel, welcher in den Mischungs-Verhältnissen von 1 Theil Trass zu 1 Theil Kalk und 1 Theil Sand bis 1 Theil Trass auf 2 Theile Kalk und 4 Theile Sand angewendet wird, ist vorzugsweise ein hydraulischer Mörtel, wird indess in Gegenden, welche mit den Fundstätten des vulkanischen Tuffsteins durch Wasserverkehr in Verbindung stehen, auch vielfach als Luftmörtel ver-

wendet und ist auch dazu gut geeignet. Trass sowohl, wie auch Zementmörtel sind an Stellen zu vermeiden, wo sie mit schwefelsaurem Kalk, der sich in Kalk- und Sandstein vorfinden kann, in Berührung kommen. Es bildet sich dann Glaubersalz, welches durch Auskristallisation die Oberfläche der Steine zerstört. Dasselbe geschieht, wo z. B. Marmorplatten auf Zementmauerwerk mit Gipsmörtel vergossen sind.

5. Der Gipsmörtel findet vergleichsweise wenig Anwendung; häufiger ist dieselbe nur in Frankreich, sowie in Deutschland in der Gegend des Harzes. Der Gipsmörtel bindet mit und ohne Zusatz von Fettkalk rasch ab, trocknet ziemlich schnell und damit erbaute Mauern können deshalb früh geputzt werden; im Wasser erweicht er jedoch und ist deshalb nicht wetterbeständig, obgleich vereinzelte Ausnahmen beobachtet worden sind. Wahrscheinlich war hierbei sogen. geglühter Gips verwendet worden, welcher beim Brennen nicht wie Stuckgips nur auf 120—130° C., sondern bis Rothgluth erhitzt wird.

Nachdem der Fettkalk in Wasser gelöst und mit Sand gemischt ist, wird erst das Gipspulver zugesetzt. Geringer Wasserzusatz und starkes Umrühren, um die Luftblasen zu entfernen, ist anzurathen. Am häufigsten findet in Norddeutschland der Gips beim Hochbau als sogen. Stuckmörtel Anwendung beim Putz von Decken und Wänden im Inneren von Gebäuden. Reiner Gipsmörtel erreicht nicht den Härtegrad des Stuckmörtels, muss auch unmittelbar nach der Bereitung verbraucht werden, weil er sofort abbindet. Indess kann man den Abbinde-Verlauf durch einen Zusatz von Alkohol (2,0—2,5 %) oder einer gesättigten Boraxlösung (8,5—12,5 %) zum Wasser etwas verlangsamen. Geglühter Gips bindet nicht schneller ab als Zementmörtel und treibt weniger als schwach gebrannter Gips. Als Wasser- oder Feuermörtel ist Gips ganz unbrauchbar und auch sonst für Herstellung von Mauerwerk infolge seines starken Treibens gefährlich.

6. Der Chamottemörtel besteht aus sogen. Chamotte-Mehl (im wesentlichen Thonerde), vermischt mit trockenem, pulverisirtem Thon. Die Mischung wird mit Wasser zu einem Mörtel angerührt und zum Aufbau von Feuerungsanlagen, hauptsächlich da benutzt, wo das Mauerwerk in unmittelbare Berührung mit den Flammen kommt. Vor Nässe muss solches Mauerwerk geschützt werden, da ein eigentliches Abbinden nicht stattfindet, vielmehr eine blosse Erhärtung beim Trocknen; auch darf es der Gluth erst nach vollständigem Austrocknen ausgesetzt werden, weil es sonst reisst.

III. Mauermaterial-Mengen.

Es sei diesem Theile zum Schluss eine Zusammenstellung des Bedarfs an Steinen und Mörtel für die Maurer- und Dachdecker-Arbeiten beigefügt, dazu aber bemerkt, dass der Verbrauch sowohl an Bruch-, wie an Mauersteinen für 1 cbm in Wirklichkeit ein geringerer als der angegebene ist, ferner geringer als gewöhnlich veranschlagt und auch in einer vom preussischen Ministerium der öffentlichen Arbeiten herausgegebenen Zusammenstellung vom 13. April 1872 mitgetheilt wird.

Wenn lagerhafte Bruchsteine einigermaassen dicht aufgestapelt sind und nicht etwa betrügerischer Weise grosse Hohlräume im Inneren bergen, genügt gewöhnlich schon 1,10 cbm für 1 cbm Mauerwerk (bei unregelmässigen Bruchsteinen wird das Verhältniss allerdings ungünstiger). Für 1 cbm Ziegelmauerwerk reichen 385 Steine vollkommen aus, was daraus hervorgeht, dass vier Läufer zuzüglich vier Fugen schon eine Länge von 1,04 m bei Annahme von Normal-Stossfugen von 1 cm Stärke ergeben. Gewöhnlich werden die Fugen aber etwas stärker, so dass z. B. eine 2 Stein starke Mauer schon 52 cm dick ist, statt 51 cm, und auch in der Höhe 13 Schichten reichlich 1 m ergeben.

Bei allen Bauten treten deshalb Ersparnisse an lagerhaften Bruchsteinen sowohl, wie an Ziegeln ein, sobald 1,25—1,30 cbm Bruchsteine, bezw. 400 Steine auf 1 cbm Mauerwerk veranschlagt sind. Bei nach grossem Halbmesser herzustellenden Gewölben thut man aber gut, die Steine besonders auszuzählen, weil dabei der Bedarf grösser sein könnte, als in den Tabellen angegeben ist. Ebenso soll man bei Veranschlagung von Zementmörtel einen geringeren Sand-

und höheren Zement-Zusatz ansetzen, als man bei der Ausführung zu nehmen gedenkt, weil erfahrungsmässig, allerdings ganz unnöthigerweise, von den Maurern mehr Zement verbraucht wird, als nothwendig ist, bezw. veranschlagt war. Bei Bereitung von verlängertem Zementmörtel ist deshalb die Verabreichung von mit trockenem Sande vermischtem, nicht reinem Zement zu empfehlen, dagegen bei Bereitung von magerem Zementmörtel, wegen der leichteren Verarbeitung, ein Zusatz von etwas Kalkbrei. (S. den vorigen Abschnitt S. 10.)

Zusammenstellung
des Bedarfs an Steinen und Mörtel zu Maurer- und Dachdecker-Arbeiten.

	Gegenstand	Ziegel Stück	Mörtel Liter
1	cbm volles Mauerwerk aus Bruchsteinen erfordert 1,25 bis 1,30 cbm regelmässig aufgesetzte Steine	—	330
1	„ volles Ziegelmauerwerk erfordert	400	280
	1000 Ziegel in Wänden / 1000 „ „ Schornsteinen / 1000 „ „ Gewölben } zu vermauern erfordern	—	700
1	qm $^1/_2$ Stein starke Ziegelmauer ohne Oeffnungen	50	35
1	„ 1 „ „ desgl.	100	70
1	„ $1^1/_2$ „ „ desgl.	150	105
1	„ 2 „ „ desgl.	200	140
1	„ $^1/_2$ „ „ Fachwerkswand auszumauern	35	25
1	„ $^1/_2$ „ „ Fachwerkswand zu verblenden (einschl. $^1/_2$ Stein breiter Einfassung des Holzwerkes)	75	50
1	„ $^1/_2$ „ „ Fachwerkswand $^1/_2$ Stein stark zu verblenden und auszumauern	85	60
1	„ $^1/_2$ „ „ Tonnengewölbe bis zu 4 m Spannweite (in der Ebene gemessen) einschl. der üblichen Hintermauerung	95	70
1	„ 1 „ „ desgl.	190	140
1	„ $^1/_2$ „ „ gedrücktes Gewölbe (elliptischen Querschnitts) desgl.	90	65
1	„ 1 „ „ desgl.	180	130
1	„ $^1/_2$ „ „ Kreuzgewölbe (halbkreisförm., die Grate $1^1/_2$ Stein breit und 1 Stein hoch) . . .	125	90
1	„ $^1/_2$ „ „ desgl. (flachbogig, sonst wie vor) . .	95	70
1	„ $^1/_2$ „ „ Kappengewölbe (flachbogig, ohne Verstärkungsrippen)	75	55
1	„ $^1/_2$ „ „ desgl. (flachbogig, die Verstärkungsrippen $1^1/_2$ Stein breit und 1 Stein hoch)	82	60
1	stgd. m frei stehender Schornsteinkasten mit russisch. Röhren (13 cm zu 20 cm und $^1/_2$ Stein starken Wangen) bei 1 Röhre	60	45
	„ 2 Röhren	100	70
	„ 3 „	140	100
1	stgd. m frei stehender Schornsteinkasten mit 1 russisch. Röhre bei 1 Stein starken Wangen	85	60
1	qm flachseitiges Ziegelpflaster mit 12 cm starker Kalkmörtelbettung	32	17
1	„ flachseitiges Ziegelpflaster mit vergossenen Fugen in Sandbetttung	32	8
1	„ hochkantiges Ziegelpflaster mit 6 mm starken Stossfugen in Mörtelbettung	56	30
1	„ desgl. ohne Mörtelbettung	56	15
1	„ Betonestrich, 10 cm stark (8 cm Betonirung, 2 cm starker Ueberzug von Zementmörtel)	—	50

	Gegenstand	Ziegel Stück	Mörtel Liter
1	qm Fliesenpflaster aus Granit, Sandstein-, Schiefer-, Marmor- und Thonplatten, durchschnittlich	—	25
1	lfd. m Rollschicht mit vollen Fugen	13	10
1	qm Verblend-Mauerwerk ohne Oeffnungen aus ganzen und halben Steinen im Kreuzverbande (gleichzeitig mit Hintermauerung) auszuführen	75	52
1	„ Verblend-Mauerwerk ohne Oeffnungen aus halben und viertel Verblendsteinen (nachträglich auszuführen) an Viertelsteinen	50	40
	halben „	50	
1	„ glatter Wandputz 1,5 cm stark	—	17
1	„ „ „ 2 „ „	—	20
1	„ „ „ auf ausgemauerten Fachwerkswänden	—	15
1	„ schlichter Fassadenputz mit schwachen, bezw. mit tiefen Fugen	—	20—25
1	„ Ausfugung bei Feldstein- oder Bruchsteinmauerwerk	—	15
1	„ „ „ Ziegelmauerwerk	—	5
1	„ „ „ Fachwerk	—	3
1	„ Rapputz	—	13
1	„ glatter Putz auf halbkreisförmigen Tonnen- oder Kreuzgewölben, durchschnittlich	—	26
1	„ glatter Putz auf gedrückten (elliptischen) Tonnen- oder Kreuzgewölben, durchschnittlich	—	23
1	„ glatter Putz auf flachen oder böhmischen Kappengewölben	—	20
1	„ Deckenputz auf einfach gerohrter Schalung ohne Gipszusatz	—	20
1	„ „ „ „ „ „ mit „	—	17
1	„ „ „ doppelt „ „ „ „	—	30
1	„ Wand- und Gewölbeflächen 2 mal zu schlämmen 3—5 Liter Kalk	—	—
1000	Stück Dachsteine (Biberschwänze), böhmisch in Kalk zu legen	—	720
1000	„ „ „ nur mit Kalk zu verstreichen	—	480
1000	„ Dachpfannen in Kalkmörtel zu legen	—	1200
1000	„ Hohlziegel (zur Dachdeckung) desgl.	—	720
1000	„ desgl. mit Kalkmörtel zu verstreichen	—	350
1	lfd. m Kalkleisten an Giebeln oder Schornsteinen	—	5
1	qm Doppeldach aus Biberschwänzen (36,5 : 15,5 cm) auf 14 cm weiter Lattung	50	30
1	„ Kronendach aus Biberschwänzen (36,5 : 15,5 cm) auf 25 cm weiter Lattung	55	30
1	„ Deckung mit kleinen holländischen Pfannen (24 : 24 cm, 2 cm stark)	20	—
1	„ „ „ grossen holländischen Pfannen (39 : 26 cm, 1,5 cm stark)	14	—
1	„ Falzziegeldach mit 31 cm weiter Lattung	16	—
1	lfd. m Deckung des Firstes mit Hohlziegeln (40 : 17 cm, 2 cm stark)	4	—

IV. Mauern aus natürlichen Steinen.

a. Mauern aus unbearbeiteten, rohen Bruchsteinen.

Rohe Bruchsteine sind entweder lagerhaft, d. h. sie haben zwei gegenüberliegende, annähernd parallele Bruchflächen, oder es sind runde Feldsteine (Findlinge) oder unregelmässig gespaltene Stücke. Bei lagerhaften Steinen kommt es

darauf an, dieselben so zu verlegen, dass ein guter Fugenwechsel, ähnlich wie beim Ziegelmauerwerk, entsteht, dass öfter tief in die Mauer eingreifende Bindersteine und an den Ecken die grössten, nach zwei Seiten einigermaassen zugehauenen Steine angeordnet werden. Der Höhe nach muss man alle 1—1,5^{m} eine vollständig wagrechte Abgleichung der Schichten herstellen; bei den Fundamenten geschieht dies an den Absätzen. Alle Steine sollen auf ihrem natürlichen Lager, nicht hochkantig (sogen. „Tiroler") liegen, weil sie sonst abblättern und verwittern.

Die Unregelmässigkeit der Steine verursacht sehr starke Fugen, die man mit kleinen Steinen „auszuzwicken" sucht. Um dazu nicht grosse Steine zerschlagen zu müssen, ist es zweckmässig, eine gewisse Menge kleiner Stücke aus den Brüchen zu beschaffen, wo sie vielfach als nutzloser Abraum beseitigt werden. Es ist aber streng darauf zu halten, dass die Anwendung der Zwicker auf das Unvermeidlichste beschränkt bleibe. Sehr gut ist es auch, besonders bei starken Fundamenten, Ziegelbruch, wie er aus den Ziegeleien leicht beschafft werden kann, in den Mörtel hinein zu schlagen, dessen Bindekraft dadurch gewinnt.

Fig. 30.

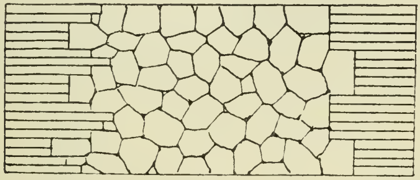


Fig. 31.

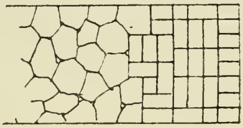


Fig. 32.

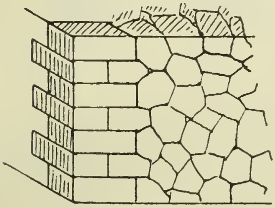
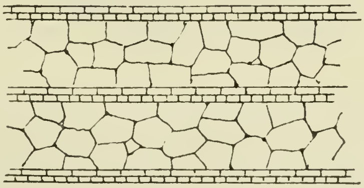


Fig. 33.



Viel schwieriger ist die Ausführung mit runden Feldsteinen; die Herstellung eines richtigen Verbandes ist hierbei unmöglich, man muss die Steine in ziemlich fetten Mörtel — möglichst Zementmörtel — so legen, dass Binder tief in die Mauer eingreifen, daneben auf Fugenwechsel sehen und die unvermeidlichen hohlen Stellen gut mit kleinen Steinen und auch Ziegelbrocken auszwicken. Bei grösseren Findlingen kann man durch Zersprengen lagerhafte Flächen erhalten und dann mit den polygonalen Stücken einen guten, netzförmigen (Cyklopen-) Verband erreichen. Schwierigkeiten verursachen hierbei immer noch die Ecken, sowie die Fenster- und Thüranschläge, welche bei besseren Bauten mit Backsteinen oder auch wohl mit Werksteinen hergestellt werden. Beide Arten werden gewöhnlich mit dem Bruchsteinmauerwerk verzahnt, Fig. 30, 31 und 32. Auch werden häufig zur Herbeiführung grösserer Solidität, oder auch nur des besseren Aussehens wegen wagrechte Backstein- oder Werkstein-Streifen in Abständen von 0,60—1^{m} eingelegt, Fig. 33, was den Maurer zu einer grösseren Sorgfalt bei der Ausführung des Mauerwerks zwingt.

Bruchstein-Mauern müssen immer 15—25^{cm} stärker angelegt werden, als Ziegelmauern von denselben Höhen- und Längen-Abmessungen.

Bruchstein-Mauern, in Moos- oder Gartenerde statt des Mörtels aufgeführt, kommen nur bei ganz untergeordneten Gebäuden, bei Umwehrungsmauern, zuweilen auch noch bei Brunnenkesseln vor.

Alle Bruchsteinmauern haben die unangenehme Eigenschaft, zu „schwitzen“, d. h. die im wärmeren Luftraum befindliche grössere Feuchtigkeit schlägt sich an den Steinen nieder. Am zweckmässigsten ist es deshalb, solche Mauern im Inneren $^1/_2$ Stein stark mit Luftschicht und zwar mit Luftumlauf, natürlich unter Anbringung der nöthigen Binder, zu verblenden. Ohne die Einschaltung der Luftschicht und ohne Lüftung derselben würde auch diese Verblendung feucht werden.

b. Mauern aus bearbeiteten Werkstücken oder Quadern.

Die zu Werkstücken zu verarbeitenden Gesteine kann man inbezug auf ihre Härte in drei verschiedene Gruppen eintheilen: 1. In Gesteine von der Härte des Granits (5—7); hierzu gehören Granit, Syenit, Diorit, Diabas, Gneis, Phorphyr usw. 2. in solche von der Härte des Sandsteins, wozu die Sandsteine, die meisten Kalksteine, Trachyte usw. zu rechnen sind und 3. in weiche Gesteine, hauptsächlich Grobkalke, die, so lange sie Bruchfeuchtigkeit enthalten, so weich sind, dass sie gehobelt werden können. Diese weichen Gesteine kommen in Deutschland fast gar nicht vor, so dass auf ihre Bearbeitungsweise hier nicht näher eingegangen zu werden braucht.

Das Material für die zu bearbeitenden Werkstücke oder Quader kommt aus den Steinbrüchen in roh behauenem Zustande, mit dem Zweispitz, Fig. 34, „bossirt“, nach den Arbeitsplätzen des Steinmetzen. Hier werden die Quader nach allen Seiten an den Ecken und Kanten mit dem Schlageisen abgerichtet: mit „Schlägen“ versehen. Die mittleren, roh stehen gebliebenen Flächen werden

Fig. 34.



Fig. 35.

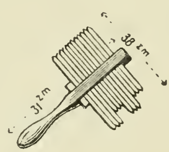


Fig. 36.



Fig. 37.

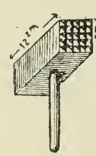


Fig. 38.



alsdann mit dem Flächhammer, Fig. 38, geebnet oder mit dem Spitzeisen „gespitzt“. Soll noch eine sorgfältigere Bearbeitung stattfinden, so kann man Sand- und gleich harte Gesteine mit dem Kröneleisen, Fig. 35, „kröneln“, wonach die Fläche gleichsam tätowirt erscheint, oder mit dem Scharrireisen (einem Meissel), Fig. 36, „scharriren“, wobei die Fläche fein oder breit gestreift aussieht. Gekrönelte Flächen werden gewöhnlich ringsum mit einem Scharrirschlag eingefasst, einmal des besseren Aussehens wegen, dann aber auch, weil beim Kröneln die Kanten leicht abspringen. Endlich können die Steine noch geschliffen werden, was gewöhnlich nach einem oberflächlichen Scharriren mittels eines grobkörnigen Sandsteins, meist auf nassem Wege, doch auch trocken, je nach der Materialbeschaffenheit, ausgeführt wird. Granit und verwandte Gesteine werden nicht scharrirt oder gekrönelt, sondern mit dem Stockhammer, Fig. 37, einfach, fein oder schleifrecht „gestockt“, dann geschliffen oder schliesslich „poliert“. „Geflächt“ werden die Lagerflächen der Werksteine mit dem Flächhammer, Fig. 38, um grobe Unebenheiten zu entfernen.

Rohe Quader werden, wegen des Verlustes bei der Bearbeitung, aus den Brüchen etwas grösser, „mit dem Arbeitszoll“, geliefert, kostbare Materialien später mit der Säge zu Platten zerschnitten, zumeist mit Wasser- oder Dampfbetrieb.

Bei jedem Quader unterscheidet man das obere und untere Lager, das Haupt oder die Stirn — die Aussenfläche und die Fugenflächen — die inneren, lothrechten Seiten.

Im allgemeinen können für den Verband von Werkstücken dieselben Regeln gelten, wie für den der Backsteine, nur dass hier die Mauer gewöhnlich blos mit Werkstein verblendet wird und im übrigen aus Ziegeln oder Bruchsteinen

besteht. Da das Fehlen von Mörtel eine ganz genaue, sehr kostspielige Bearbeitung der Fugen (wie bei den Tempeln der Griechen und Römer) voraussetzen würde, sieht man heute davon ab, arbeitet nur die Fugenkanten auf etwa 3 cm Tiefe genau und füllt im übrigen die Zwischenräume mit Mörtel aus. Wichtig ist es, die Höhe der Quaderschichten einigermaassen den Steinschichten der Hintermauerung entsprechend einzurichten, damit ein guter Zusammenhang stattfinde; — dabei wird sich die Verwendung von halben Ziegel- oder Dachsteinschichten nicht immer vermeiden lassen. Die Quaderbildung im Aeusseren, sowohl inbezug auf Abwechselung der Schichthöhen und der Längen der einzelnen Steine, als auch inbezug auf die Bearbeitung, hängt ganz von den Architekturformen ab, erstere besonders auch von der Höhe und Breite der Fenster. Semper sagt zwar, dass bei Verschiedenheit der Höhe der Schichten sich diese wie die Quadratwurzeln aus den Längen verhalten sollen, also $h : h_1 = \sqrt{l} : \sqrt{l_1}$; das

Fig. 39.

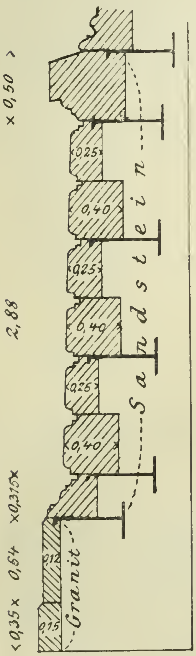


Fig. 40.

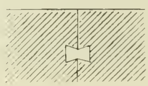


Fig. 41.

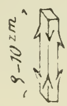


Fig. 42.

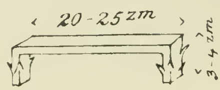


Fig. 43 a.

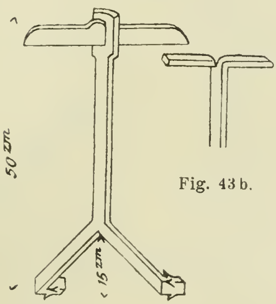


Fig. 43 b.

Fig. 46.

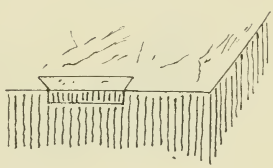


Fig. 45.

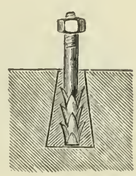
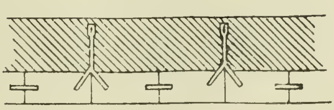


Fig. 44.



würde sich aber schwer durchführen lassen, man müsste denn glatte, lange Mauern auszuführen haben. Man lässt entweder in den einzelnen Schichten, Läufer und Binder abwechseln, letztere zwischen je zwei Läufern oder auch seltener, und dann erstere 2—3 mal so lang, als sie hoch sind; oder man lässt immer eine ganze Läuferschicht auf eine Binderschicht folgen, Fig. 39. Zur Hintermauerung der Quader ist stets verlängerter Zementmörtel zu verwenden. Vor dem Hintermauern sind alle Sandsteine mit einer Mischung von Asphalt und Theer heiss an den rückseitigen Flächen zu überziehen, damit das Mauerwerk nicht durch den die Feuchtigkeit aus der Atmosphäre leicht aufnehmenden Sandstein angenässt werde. Um einen möglichst innigen Zusammenhang der Werkstücke unter einander und mit der Hintermauerung herbei zu führen, verbindet man sie durch hölzerne, steinerne, meistens aber durch eiserne Dübel, Klammern und Anker. Bronze, in schwalbenschwanzförmigen Platten, Fig. 40, benutzt, eignete sich hierfür am besten, ist jedoch zu theuer; Stein ist zu spröde. Deshalb nimmt man jetzt fast

immer Eisen, welches zum Schutz gegen Rosten verzinnt, verzinkt oder verbleit wird. Die Dübel, Fig. 41, fertigt man gewöhnlich aus 2—2,5^{cm} starkem Quadrateisen, die Klammern, Fig. 42, und Anker, einfache und sogen. Gabelanker, Fig. 43a, zur Befestigung zweier Steine zugleich, aus 20—25^{mm} breitem, 7—10^{mm} starkem Flacheisen. Die Anker mit beweglichem Splint zu machen, ist zwar gut, aber nicht immer rathsam, weil letzterer aus Nachlässigkeit zuweilen nicht eingelegt wird. Praktischer ist es daher, das Ende der Anker aufzuschlitzen und dann die beiden Hälften nach oben und unten, Fig. 43b, oder das Ende nur einfach nach einer Richtung umzubiegen. Je schwächer man die Quader macht, in desto grösserer Zahl müssen Anker eingelegt werden. Besonders bei Gebäude-Sockeln, die gewöhnlich aus einem härteren und dauerhafteren, deshalb aber auch kostspieligeren Steine hergestellt und oft nur 12—15^{cm} stark verkleidet werden, ist dies sorgfältig zu beachten, weil sonst die Platten schon im ersten Winter abfrieren. Nur die Ecken werden hierbei, schon des besseren Aussehens und auch der Haltbarkeit wegen, aus grösseren Blöcken hergestellt. Gewöhnlich wechselt man mit Klammern und Ankern ab, so dass der erste und zweite Stein einer Schicht verklammert, der zweite und dritte mit der Hintermauerung durch einen Gabelanker verbunden werden; Fig. 44 zeigt dieses Verfahren. Zum Befestigen von Eisentheilen an Steinen dienen zuweilen sogen. Steinschrauben, Fig. 45.

Fig. 47.

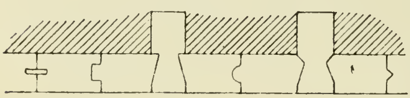


Fig. 50.

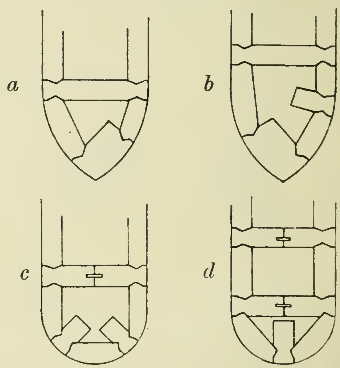


Fig. 48.

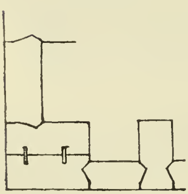
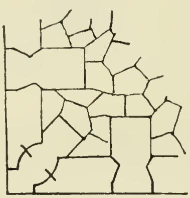


Fig. 49.



Die Eisentheile werden in den Steinen mit Blei, Schwefel oder jetzt fast immer mit Zement vergossen. Blei muss des Schwindens wegen nach dem Erkalten angekeilt, Schwefel weit über den Schmelzpunkt hinaus erhitzt werden, so dass er eine tiefbraune Farbe annimmt, weil er sonst mit dem Eisen Schwefeleisen bildet und dann durch Ausdehnung den Stein sprengt. Gut sind hierbei auch Kitte zu verwenden, mit denen man sonst wohl Schäden an Steinen ausbessert und von denen der bequemste und beste der sogen. Glycerin-Kitt ist, bestehend aus einem Brei von Bleiglätte und Glycerin, anfangs fleischfarben, nach einiger Zeit äusserlich schneeweiss, so dass er zu Reparaturen allerdings nur bei ganz hellfarbigen Steinen anwendbar ist.

Zur Ausbesserung von Schäden an dunkelfarbigem Gestein wird Schellack, mit dem betreffenden Steinpulver vermischt, heiss oder in Spiritus gelöst, aufgetragen. Ist eine Ecke oder Kante des Quaders verletzt, so wird eine „Vierung“ mit einem dieser Kitte eingesetzt, wobei stets zu beachten, dass dieselbe schwalbenschwanzförmig gearbeitet sei, damit auch dann, wenn der Kitt einmal nicht seine Schuldigkeit thun sollte, ein Herausfallen unbedingt verhindert wird, Fig. 46. Ist ein Herausdrängen des Mauerwerks, z. B. bei Böschungs- und Kaimauern zu befürchten, so verankert man die Werkstücke auch durch schwalbenschwanzförmiges Ineinandergreifen, wobei aber spitze Winkel wegen leichter Beschädigung der Steine möglichst zu vermeiden sind, Fig. 47, 48, 49. Besonders bei Brückenpfeilern, Fig. 50a, b, c und d ist auf sehr sorgfältigen Verband und hauptsächlich

darauf zu achten, dass hin und wieder Binder durch den ganzen Pfeiler reichen, welche, wenn sie nicht aus einem Stück angefertigt werden können, gut zu verklammern sind.

Bei reicher gestalteter Quaderung ist die Fuge der einzelnen Quaderschichten nie in die Mitte der ganzen Profilirung, sondern bei wagrechten Fugen oben, bei senkrechten rechts oder links zu legen, Fig. 51, und zwar deshalb, weil man: 1. dadurch die Herstellung einer Kante erspart, 2. weil eine Kante weniger beim Transport und beim Versetzen gefährdet ist, 3. weil die wagrechte Fuge dadurch einigermaassen gegen das Eindringen des Regens geschützt ist. Bei Böschungsmauern, z. B. bei Rampen, pflegt man zur Vermeidung spitzer Winkel an den Steinen die Fugen rechtwinklig zur Böschungslinie zu legen, was allerdings, wenn keine Deckplatten aufgelegt werden, den Nachtheil hat, dass erstere der Einwirkung der Feuchtigkeit und des Frostes offen stehen, Fig. 52 u. 53. Eine ganz ähnliche Konstruktion wird bei Ziegelmauerwerk angetroffen, Fig. 54.

Grosse Aufmerksamkeit ist den wagrechten Sturzen bei Fenstern und Thüren, sowie Architraven zuzuwenden. Sie dürfen nicht belastet werden, weil sie, wie man fast überall findet, unter der Belastung brechen. Besonders wichtig ist es, dass über ihrer Mitte keine Quaderstösse angeordnet werden, da diese Stösse sich nach unten stets in Rissen fortpflanzen. Am sichersten ist es, darüber liegende Quader so durch eiserne Träger zu unterstützen, dass diese von Aussen nicht sichtbar sind, und die Fugen zwischen ersteren und dem Sturz oder dem Architrav, soweit diese frei liegen, ganz offen zu lassen. Beide sind auf diese Weise nirgends belastet, sondern haben nur ihre Eigenlast zu tragen. Fig. 55

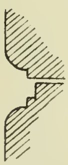
Fig. 51.


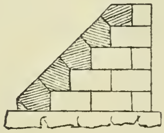
Fig. 52.


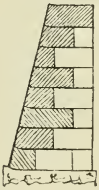
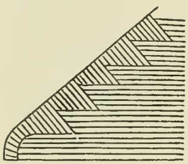
Fig. 53.


Fig. 54.


zeigt diese Ausführung auf einen Fenster- oder Thürsturz angewendet, wobei die Unterglieder des Gurtgesimses beliebig über dem Steinquader gestossen werden können.

Fig. 56a u. b stellen das Gesims über der Vorhalle der Technischen Hochschule in Charlottenburg dar, bei welchem es darauf ankam, die 5,60 m langen Architrave vollständig zu entlasten, die bei einer Breite und Höhe von etwa 90 cm auch noch eine sehr hohe Attika zumtheil zu tragen haben. Durch Einlegung der beiden Träger, welche nur an den Endpunkten auf den Architraven, unmittelbar über den Säulen, aufruhen, sonst aber jene in keinem Punkte berühren, ist dies erreicht.

Architrave sollen immer nur den Kern der Säulen, nicht aber auch die vorstehenden Glieder der Kapitäle belasten, die infolge des Druckes leicht abbrechen. Aus diesem Grunde ist an jedes Kapitäl noch ein dem oberen Säulendurchmesser entsprechendes Plättchen von etwa 0,5 bis 1 cm Stärke anzuarbeiten, auf welchem der Architrav aufruht, ohne eines der Glieder des Kapitäls zu berühren, Fig. 57.

Kanneluren an Säulen werden am besten erst nach dem Versetzen der Säulentrommel ausgearbeitet, damit die scharfen Kanten beim Transport nicht leiden. Sollte das der Kürze der Zeit wegen unausführbar sein, so thut man gut, die Kanneluren vorläufig nur in der Mitte der Säulentrommel fertig zu stellen, am Anfang und Ende aber den Stein zum Schutz roh zu lassen.

Die einzelnen Theile einer Säule sollen der Gefahr des ungleichmässigen Setzens wegen nicht in Mörtel, sondern mit 2—3 mm starken Bleiplatten als Zwischenlage versetzt werden.

Fenstersohlbänke dürfen nicht durch die Gewände belastet werden, weil sie leicht brechen. Es ist deshalb ein Mittelstück a—b, Fig. 58, einzuschieben, so

dass bei *ac* und *bd* Stossfugen liegen. Muss die ganze Sohlbank aus einem Stück bestehen, so ist die Lagerfuge zwischen *a* und *b* hohl zu halten, damit die Sohlbank durch den Druck der beiden Gewände nicht auf Biegung inanspruch genommen werden kann.

Steinerne Thür- und Fenstersturze in sonst geputzten oder in Ziegelrohbau-Fassaden müssen stets durch Mauerbögen entlastet werden. Der Zwischenraum zwischen Sturz und Bogen bleibt so lange als möglich unausgefüllt und wird zuletzt nur ganz dünn, höchstens 1/2 Stein stark verblendet. (Vergl. auch den Abschnitt über Mauerbögen.) —

Fig. 56 a.

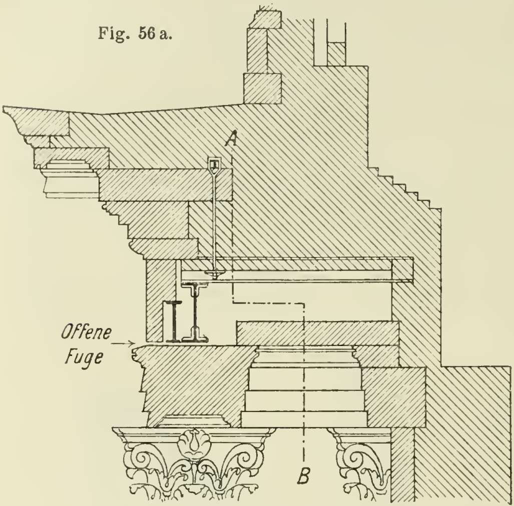


Fig. 55.

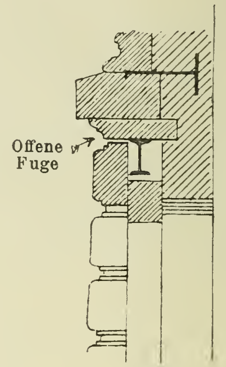


Fig. 56 b. Schnitt A—B.

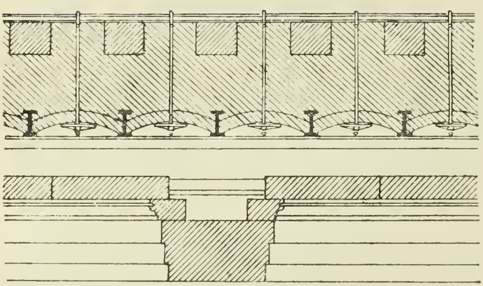


Fig. 57.

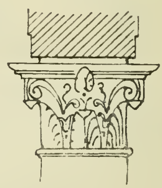
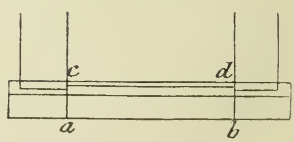


Fig. 58.



Das Versetzen der Werksteine ist nur zu ebener Erde und bei leichteren Stücken durch Umkanten möglich. In grösserer Höhe und bei schwereren Steinen müssen Hebezeuge in Anwendung kommen. Es empfiehlt sich immer ein Hanf- oder besser Stahldrahttau, keine Kette, zum Aufziehen zu verwenden, weil diese, wenn auch auf ausreichende Tragfähigkeit geprobt, bei einem plötzlichen Ruck leicht bricht, der schon dadurch entstehen kann, dass ein Glied beim Umlegen auf die Windetrommel aus einer unrichtigen Lage in die richtige springt. Zur Befestigung am Stein wird der Wolf, Fig. 59 a, b, c u. d, gebraucht, der in ein konisch gearbeitetes Loch eingesetzt, mit Sand verschüttet und dann mit Wasser eingeschlämmt wird; es sind übrigens auch andere als die hier dargestellten Formen des Wolfs und überhaupt noch andere Vorrichtungen zum

Fassen schwerer Werkstücke im Gebrauch, z. B. die Zange oder die Greifscheere, Fig. 60, und die Kniehebel-Steinzange, Fig. 61. Hat man die Besorgniss, dass das Loch etwa durch einen plötzlichen Ruck oder die Schwere des Steines ausbrechen könnte, so verwendet man zum Anhängen des letzteren ein Kranztau, Fig. 62, oder besser einen aus starken Hanfschnüren geflochtenen Gurt ohne Ende, in welchem seiner Breite wegen (12—15 cm) der Quader sehr sicher ruht. Die Kanten des Steines kann man durch angelegte Brettstückchen, die aber die Kante frei lassen müssen, schützen. Hierzu Stroh oder Tannenreisig zu benutzen, oder die Steine in dieses Material beim Transport zu verpacken, ist nicht anzurathen, weil besonders weisse Steine von feuchtem Stroh gelb gefärbt, alle aber durch das Harz des Nadelholzes verunreinigt werden. Am sichersten schützt man sie beim Eisenbahntransport durch an die Kanten gelegte Brettstückchen, welche durch umgenagelte Latten fest in ihrer Lage erhalten werden.

Senkrechte Gewände, Balluster, Maasswerk müssen mit Dübeln versetzt werden, welche in jenen mit Blei zu befestigen sind. Oben erhalten Gewände gewöhnlich einen Anker oder eine Klammer. Nachdem diese Bautheile auf ihr unterstes Lager gestellt sind, wobei das vorstehende Dübelende in ein Loch desselben fasst, werden sie mit Mörtel vergossen. Vor dem Versetzen sind in

Fig. 59 a, b, c und d.

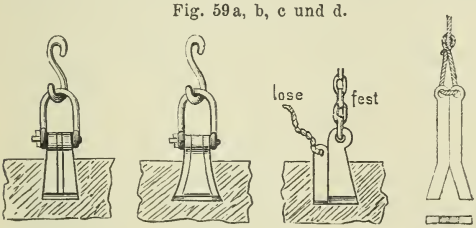


Fig. 61.

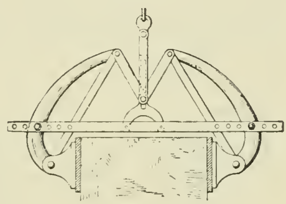


Fig. 60.

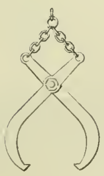


Fig. 62.

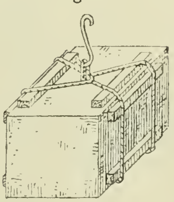
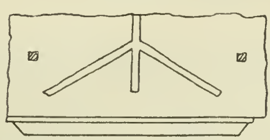


Fig. 63.



die Quader die Ankerlöcher zu schlagen und, besonders bei grösseren, in das Oberlager ein paar Rinnen zu hauen, durch welche das Einfliessen des Mörtels in die Lagerfuge erleichtert wird, Fig. 63. Hiernach werden auf die vier Ecken des unteren, bereits vermauerten Quaders kleine Blei-, Zink- oder allenfalls auch Dachpappen-Plättchen, mehrere über einander, gelegt, welche zusammen die Dicke der Fuge ausmachen, und darauf wird der neue Quader mit dem Hebezeug langsam niedergelassen. Dieses Verfahren muss gewöhnlich mehrmals wiederholt werden, weil der Stein selten das erste Mal richtig liegt, indem zugleich einzelne Plättchen entfernt oder neue hinzugefügt werden müssen. Bei Keilquadern der Fenster benutzt man statt der Plättchen kleine Holzkeile, welche man leicht verrücken kann, bis der Schlusstein gut passt; auch beim Versetzen von Gesimsgliedern werden sie oft angewendet. Vor dem Gebrauch sind die Keile gründlich anzufeuchten, damit sie keine Nässe aus dem Fugenmörtel aufnehmen, wodurch sie quellen und die Kanten des Steines absprengen könnten. Gesimsstücke mit ungenügendem Auflager, welche vor der Uebermauerung nach vorn kippen würden, kann man mit kleinen Holzstäben unterstützen, Fig. 64.

Zum Vergiessen wird die Fuge ringsum mit Lehm oder Thon verstrichen und an der Mitte der Hinterseite zum Eingiessen des dünnflüssigen Mörtels ein Trichter („Nest") gemacht, Fig. 65 a und b. Von hieraus kann man dann mit

einem säbelartigen Stück Eisenblech den Mörtel in der Fuge vertheilen, so dass alle Stellen derselben gleichmässig gefüllt werden. Der zur Bereitung dieses Mörtels zu verwendende Sand muss fein gesiebt sein, um eine gute Vertheilung des Mörtels zu ermöglichen. Trass und Zement sind dabei zu vermeiden, wenn man nicht etwa Granite versetzt. Sandstein mit einem Bindemittel von schwefelsaurem Kalk, wie der Bunzlauer, wird infolge des Natrongehaltes von Zement und Trass in kurzer Zeit zerfressen. Das Natron, im Mörtelwasser löslich, dringt mit diesem in den Sandstein ein; hier verbindet es sich mit der Schwefelsäure des Bindemittels zu Glaubersalz, welches beim Austrocknen des Steines auskristallisirt und bei diesem Vorgange die einzelnen Quarztheilchen des Steines abstösst. Dies setzt sich oft lange Jahre hindurch fort, so dass die Oberfläche des Steines nach und nach immer mehr abbröckelt. Derselbe Vorgang wurde bei buntem, thonerdehaltigem Marmor, sogar bei dem sogen. belgischen Granit beobachtet, wenn die dünn geschnittenen Platten, Fussboden-, wie auch Wandplatten, auf Zementmauerwerk mit Gipsmörtel verlegt oder vergossen waren. Andere Sandsteine, wie Obernkirchner, Elzer, Deister usw. werden durch das in ihnen enthaltene Mangan dunkelbraun gefärbt. Diese Färbung verschwindet aber mit den Jahren infolge von Witterungseinflüssen und kann auch durch Abwaschen mit verdünnter weisser Schwefelsäure gemildert werden; Abschleifen des Steines nützt nichts. Zu empfehlen ist die Verwendung von natürlichem hydraulischem Kalk, sowie eine Mischung von Ziegelmehl mit gutem Fettkalk. Die mit gewöhnlichem Kalkmörtel vergossenen Quaderfugen sind nicht mit Zementmörtel

Fig. 64.

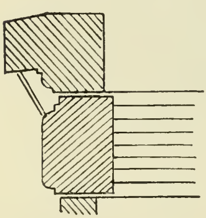


Fig. 66.

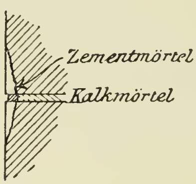


Fig. 65a.

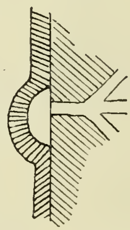
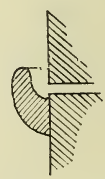


Fig. 65b.



auszustreichen (nachzufugen); denn es können, weil der Kalkmörtel noch lange Zeit weich bleibt, der Zement-Fugenmörtel aber an der Luft rasch abbindet, die Kanten der Quader das Setzen des ganzen Mauerwerks nicht mitmachen und springen deshalb durchweg ab, Fig. 66.

Die Härte der zum Werksteinbau verwendeten Gesteine steht in einem gewissen Verhältniss zur Dichtigkeit und somit auch zum spezifischen Gewicht. Während dieses bei den granitischen und granitähnlichen Felsarten zwischen 2,25 und 3, bei Kalk- und Sandstein meist zwischen 1,5 und 2,8 schwankt, geht es bei Tuffen bis auf 1,2 bis 1,4 zurück. Sehr viel verschiedener ist die Druckfestigkeit. Bei granitähnlichen Gesteinen steigt sie von 800 ^{kg} (dem grauen Granit von Waldstein im bayerischen R.-Bez. Oberfranken), bis auf 2560 bei dem Rübelander Diabas, ja bis auf 2600 bei dem Odenwalder Gneiss. Bei den Kalken ist ein Unterschied zwischen 300 bis 400 ^{kg} (dem Oolith von Jaumont bei Metz, dem Kreidekalk von Offenstetten in Oberbayern und dem Jurakalk von Solnhofen) und 1500 bis 1600 ^{kg} vorhanden, die z. B. bei den Kohlenkalken von Raeren und Cornelymünster gefunden werden. Viel ungleicher ist die Druckfestigkeit bei Sandsteinen. Während der sogen. Portasandstein von der Porta Westphalica nur eine solche von 170 bis 180 ^{kg} besitzt, erreicht der Kohlensandstein von Gommern, Plötzky und Pretzien a. d. Elbe eine Festigkeit von 2700 bis 2880 ^{kg}. Die kleinste Druckfestigkeit haben die Bimsteine und Leuzittuffe mit 100 bis 150 ^{kg}.

Die Festigkeitsversuche mit kleinen Würfeln von 6 bis 10 ^{cm} Seite geben immer höhere Zahlen, als Proben mit grossen Stücken, besonders auch, weil das zu den Versuchen seitens der Bruchbesitzer eingelieferte Material meist sehr

sorgfältig ausgewählt und selten willkürlich herausgegriffen ist. Auch können die Versuche nicht die zufälligen Fehler berücksichtigen, mit denen die Steine oft behaftet sind, also Nester, Stiche, Einsprengungen usw., welche die Tragfähigkeit in ausserordentlichem Grade beeinträchtigen. Bei stark inanspruch genommenen Konstruktionstheilen, belasteten Säulen und Pfeilern, frei tragenden Treppenstufen und Konsolen, muss das zu verwendende Werkstück stets sorgfältig auf solche Fehler untersucht werden. Der Sicherheitsfaktor bei solchen Bautheilen aus Stein sollte deshalb auch nicht kleiner sein, als 8, um sowohl der Verschiedenheit des Materials selbst, als auch anderen Zufälligkeiten Rechnung zu tragen.

Die Wasseraufnahme ist bei den granitischen Gesteinen am geringsten, gewöhnlich 0,30 bis 0,60%, selten bis zu 1%, bei Kalkstein jedoch nach der mehr oder weniger grossen Porosität sehr verschieden, 7,7 bis 8,1% bei den Oolithen von Jaumont, nur 0,19 bis 0,29% bei dem Zechstein von Seesen. Beim Sandstein wechselt sie von 14,5% bei dem Liassandstein von Sassendorf in Oberfranken und bei einigen sächsischen Sandsteinen bis herab auf 0,045% bei dem Dyassandstein von Odernheim. Die Tuffsteine zeigen die grösste Wasseraufnahme, bis zu 25%, womit bewiesen wird, dass sich aus der Grösse der Wasseraufnahme keine sicheren Schlüsse auf die Wetterbeständigkeit des Steines ziehen lassen.

Die Verwitterung kann auf zweierlei Weise stattfinden, einmal durch mechanische Auflockerung und dann durch chemische Auflösung; beiden folgt der Zerfall der Steine. Der der Befeuchtung und Aufnahme von Wasser folgende Frost verursacht sehr häufig fortdauernde Abblätterungen der Steine, besonders wenn sie durch glimmerige oder sonstige Absonderungen geschichtet und senkrecht zu ihrem Bruchlager versetzt sind. Die grössten Blöcke völlig gleichartiger Gesteine werden häufig von Frost zersprengt, sobald sie noch Bruchfeuchtigkeit enthalten. Andere, besonders Sandsteine, fallen der Zerstörung durch Frost dadurch anheim, dass sie Knoten von Thon enthalten, welcher das Wasser in höherem Maasse ansaugt, als der Stein selbst. Durch die grosse Ausdehnung beim Gefrieren werden dann einzelne Stücke des letzteren abgestossen. Einige Sandsteine, besonders glimmerschichtige, haben die Eigenschaft, infolge von Sonnenhitze nach allen Richtungen zu zerspringen, wenn sie jener in noch bruchfeuchtem Zustande ausgesetzt werden.

Alle Gesteine ohne Ausnahme sind aber in atmosphärischem, stets kohlensäurehaltigem Wasser löslich; das Maass der Löslichkeit ist aber sehr verschieden, Kalksteine fallen unter den Bausteinen diesen Einflüssen am schnellsten zum Opfer, besonders wenn, wie in grossen Städten, zu der Kohlensäure noch die schweflige Säure der Rauchgase, oder, an der Meeresküste, die Salzsäure tritt. Am widerstandsfähigsten gegen die auflösenden Wirkungen der feuchten Luft sind die an Kieselsäure (an Quarz) reichen Gesteine. Bei Sandsteinen spielt deshalb neben den Quarzkörnern das Bindemittel eine wesentliche Rolle, ob es ein kristallinisches oder amorphes, ein kieseliges oder kalkig-thoniges usw. ist.

Will man inbezug auf die Haltbarkeit der Gesteine ganz sicher gehen, so thut man gut, auf Kirchhöfen und an Kirchen in den den betreffenden Steinbrüchen nahe liegenden Orten die Grabsteine und Denkmäler zu untersuchen, deren Alter in der Inschrift durch das Todesjahr der Verstorbenen ziemlich genau angegeben wird. Hat sich hier die Haltbarkeit des Gesteins, welches durch lange Jahre den Witterungseinflüssen schutzlos ausgesetzt war, erwiesen, so kann es für Verkleidung städtischer Gebäude brauchbar erscheinen, obgleich hier, wie gesagt, noch Rauchgase usw. ihren schädlichen Einfluss ausüben können.

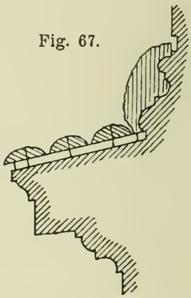
Auf heftige Erhitzung, z. B. bei einem Brande, folgende schnelle Abkühlung durch Bespritzen mit kaltem Wasser zersplittert selbst die härtesten Granite. Deshalb sind gemauerte Pfeiler und Treppen inbezug auf Feuersicherheit den aus Werkstein hergestellten unbedingt vorzuziehen.

Nach dem Versetzen des Steines werden die Klammern und Anker eingelegt, mit Zementmörtel vergossen, die Rückseiten der Quader mit heissem Goudron bestrichen, wonach nach 24 Stunden die Hintermauerung ausgeführt werden kann. Es ist von Wichtigkeit, jedes Werkstück auf sein Bruchlager zu versetzen.

Nur bei unbelasteten Bekleidungsplatten und allenfalls bei grösseren Säulentrommeln und Pilaster-Stücken, welche aus sehr hartem Gestein angefertigt werden und anders nicht zu beschaffen sind, weil die Bänke in den betreffenden Brüchen in zu geringer Mächtigkeit auftreten, kann man jene Regel vernachlässigen, muss sich aber vorher überzeugen, dass die Werkstücke vollkommen frei von „Stichen", feinen Rissen, sind, welche infolge des Druckes, den der Stein durch seine spätere Belastung erleidet, die Zersplitterung veranlassen würden.

Mit dem Fortschreiten des Baues sind alle Gesimse und sonst vortretenden Bautheile oder Gliederungen, zum Schutz gegen Beschädigungen durch herabfallende Steine usw., mit auf Latten genagelten Brettern (Schwarten) oder mit Lehm abzudecken, welcher mit kurz gehacktem Stroh vermischt ist, Fig. 67. Beim späteren Entfernen des mit der Zeit recht hart werdenden Lehms ist Vorsicht zu gebrauchen und besonders das Abschlagen mit dem Hammer zu verbieten, weil dabei leicht die Gliederungen verletzt werden. Ein allmähliches Aufweichen durch Wasser ist am meisten angebracht. Auch vor dem Anstreichen der Sandstein-Fassaden mit Lehmwasser zum Schutz gegen Verunreinigungen durch Mörtel ist zu warnen, weil die Sandsteine meistens dadurch eine dauernde gelbliche Färbung annehmen, die schwer oder gar nicht wieder zu entfernen ist. Herunter rieselnder Mörtel sollte stets sogleich abgewaschen werden.

Fig. 67.



Nach Fertigstellung der Gebäudefronten sind im deutschen Klima die Gesimse mit Zinkblech abzudecken, weil die Feuchtigkeit nicht nur in die Fugen dringt und der Frost nachher die Quader auseinander treibt, sondern auch den Stein selbst in den meisten Fällen zerstört; er „verwittert".

Ungleich gefärbte gelbe oder weisse Steine kann man dadurch gelb färben, dass man sie mit in Wasser gelöstem Eisenvitriol und darnach mit einer gesättigten Lösung von Aetzkalk — dem in den Gruben auf der Kalk-Oberfläche stehenden klaren Wasser — bestreicht. Andere, z. B. röthliche Färbungen, lassen sich kaum, höchstens durch verdünnten Essig mit entsprechendem Farbenzusatz hervorbringen, was aber nicht auf die Dauer haltbar ist.

Zum Schutz der Gesteine gegen Verwitterung hat sich in manchen Fällen, besonders bei porösen Steinen, ein Anstrich mit Wasserglas bewährt; doch lauten die Urtheile hierüber noch sehr verschieden. In anderen Fällen ist mit gutem Erfolg eine ein- oder mehrmalige Tränkung mit heissem Oel ausgeführt worden, die indessen eine möglichst vollkommene Trockenheit des Steins zur Voraussetzung hat und nur bei bestimmten Färbungen desselben zulässig sein wird.

Ein wirksameres Schutzmittel scheint in neuerer Zeit in den Kessler'schen „Fluaten" gefunden zu sein, welche zugleich den damit getränkten Steinen, besonders Grobkalken, aber auch Sandsteinen, eine wesentlich grössere Härte verleihen, natürlich nur so weit, als diese „Fluate" in das Innere des Steines eingedrungen sind. Besonders in Frankreich wird von dieser Erfindung jetzt häufig Gebrauch gemacht.*) Beim Hamburger Rathhause endlich kam ein Gemisch von Seifenlösung und essigsaurer Thonerde zur Anwendung, wobei die Thonerdeseife die Steinoberfläche wasserabweisend macht. Die so behandelten Sandsteine haben mehrmaligen Frost mit Aufthauen, Abwaschen, Bürsten und Behandeln mit absolutem Alkohol ausgehalten. Farbe, Kern und Undurchlässigkeit der Oberfläche bleiben unverändert, der Härtegrad des Steines wurde erhöht. Bezugsquelle: Dr. Glinzer in Hamburg.

V. Mauerwerk aus Stampf- und Gussmassen.

Zur Herstellung von Mauern aus Stampf- oder Gusswerk kann Lehm oder Kalk mit Sand oder Zement mit Sand verwendet werden; man unterscheidet darnach: 1. Lehm-Pisébau, 2. Kalk-Sand-Pisébau und 3. Zement-Pisé oder Konkretbau, auch Betonbau genannt.

*) S. Hauenschild, die Kessler'schen Fluate. Berlin, 1895.

a. Lehm-Pisé.

Hierzu sind alle Erdarten tauglich und ist eigentlich nur magerer Sand, fetter Thon, Dünger- und Humusboden ausgeschlossen. Zu fetter Thon kann durch Sandzusatz gemagert werden. Der Boden, in frisch gegrabenem Zustande am besten geeignet, wird entweder zwischen zangenartig verbundenen Holzwänden und Kasten oder zwischen dünnen Mauern von Luftsteinen entsprechend geformt, wobei Einbringung und Stampfen in Lagen von etwa 10^{cm} Stärke stattfindet. Fundamente und Sockel müssen, letztere noch 50—60^{cm} hoch über Erdgleiche, massiv hergestellt werden, Dächer weit überladen, um die Mauern gegen die Einflüsse der Witterung zu schützen. Schornsteinröhren werden innerhalb des Gebäudes von Luftsteinen, über Dach aus gebrannten Ziegeln in Kalkmörtel aufgemauert, Thür- und Fensteröffnungen mit ebensolchen Steinen eingefasst und überwölbt. Der Abputz der Piséwände darf frühestens nach einem Jahr, also erst nach vollkommener Austrocknung erfolgen. Um dem Mörtel Halt zu geben, werden die Wände mit 5—8^{mm} tiefen, schräg verlaufenden Einschnitten rauh gemacht und angenässt. Der alsdann aufgebrachte Rapputz besteht am besten aus 1 Th. Kalkbrei, 3 Th. Lehm und 2 Th. Sand. Auf den angeworfenen Rapputz folgt ein gewöhnlicher Kalkmörtel-Putz. Besser ist es, die Lehmwände aussen mit Dachpappe zu bekleiden, welche an hölzernen Dübeln befestigt wird, die man in die Masse bei der Herstellung eingefügt hat.

b. Kalk-Sand-Pisé.

Hierzu kann man sowohl gewöhnlichen Fettkalk, als auch hydraulischen Kalk, diesen besonders für feucht gelegene Bauten benutzen. Dem Sande können Kiesel und Steine bis zu Nussgrösse beigemischt sein. Je nach der Ausgiebigkeit verträgt der Kalk einen Sandzusatz von 8—12 Theilen. Der Kalk wird durch Zusatz der nöthigen Wassermenge in „Kalkmilch" verwandelt und der Sand dieser nach und nach zugesetzt. Die entsprechende Wassermenge wird so ermittelt, dass man ein Gefäss mit dem Sande anfüllt und dann so viel Wasser zuschüttet, bis alle Hohlräume gefüllt sind. Das Formen erfolgt ebenfalls in hölzernen Formkästen, deren Einzelheiten in Engel, Kalksand-Pisébau und die Kalkziegelfabrikation (3. Aufl., Berlin, 1877, Thaer-Bibliothek, Bd. 32), genau mitgetheilt sind. Fundamente und Sockel sind aus Stein herzustellen, Fenster- und Thüranschläge, sowie Bögen aller Art jedoch, nach besonderen Lehrgerüsten, aus Pisé. Um Schornsteinröhren ausführen zu können, werden zylindrische Hölzer von etwa 16^{cm} Durchmesser mit eingestampft und der fortschreitenden Höhe entsprechend höher gezogen. Eine nächsthöhere Schicht darf immer erst aufgebracht werden, wenn die vorhergehende derartig erhärtet ist, dass der Stampfer beim Auffallen zurückschnellt und einen hellen Klang giebt. Bei heftigem Regen ist die Arbeit einzustellen und das bereits fertige Mauerwerk sorgfältig mit Brettern oder Dachpappe abzudecken. Die mit gewöhnlichem Fettkalk auszuführenden Pisémauern müssen um $^1/_4$ stärker, solche, bei denen hydraulischer Kalk angewendet wird, in gleicher Stärke wie Ziegelmauern hergestellt werden. Sollen auch die Fundamente aus Pisé gestampft werden, so ist zu der Mischung von 1 Th. Kalkbrei und 6—8 Th. Sand, oder einer solchen von 2 Th. hydraulischem Kalk und 8—9 Th. Sand noch 1 Th. Portland-Zement hinzu zu setzen. Für Wölbungen sollte immer eine solche Mischung benutzt werden.

Ueber die sogen. Rabitz-Wände und Rabitz-Decken, s. Haupt-Abschnitt IV.

c. Zement-Pisé oder Beton- (Konkret-)Mauerwerk.*)

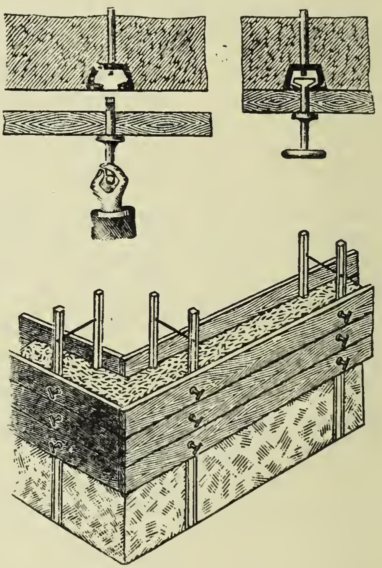
Fast ohne Rücksicht auf die Besonderheiten des Baues oder Bautheils, der in Beton ausgeführt werden soll, erfordern Auswahl, Behandlung und Mischung der Materialien besondere Sorgfalt. Das zum Beton nöthige Steinmaterial muss eine Druckfestigkeit besitzen, die nicht hinter derjenigen des Zementes zurück bleibt. Der Sand muss scharf und frei von fremden Bestandtheilen (Thon, Humus usw.) sein. In dem Korn sowohl von Steinen als des Sandes müssen alle Grössen vertreten

---

*) Vergl. hierzu auch: der Portland-Zement und seine Anwendungen im Bauwesen von F. W. Büsing und C. Schumann, Berlin, 1899.

sein, damit die Zwischenräume möglichst gering werden. Endlich sind die Steine vor der Verwendung zu waschen, sowohl um anhaftende Schmutztheile zu entfernen, als sie anzufeuchten, damit sie dem Mörtel nicht zu grosse Mengen von Feuchtigkeit entziehen. Die Grösse der Steine oder Steinschlagstücke ist wesentlich durch die Dicke des betr. Bautheils bedingt; in Wänden, Decken usw. kann sie bis zu 6—8 cm Durchmesser gehen. Da nach der Einschüttungsweise des Zementes derselbe in der Dichtheit der Lagerung sehr wechselt, ist es, um gleichartige Mischungen zu bekommen, nothwendig, denselben nach Gewicht zuzusetzen; dieses wird entweder in unmittelbare Beziehung zu dem Gewicht von Sand und Steinen gebracht, oder ein für alle mal auf Rauminhalt zurück geführt. Man kann als Mittelwerth rechnen, dass 70 kg Zement (eingelaufen) ein Volumen von 50 l ausfüllen, (eingerüttelt nur etwa 35 l). Bei der Bereitung des Mörtels auf einer sogen. Mörtelpritsche wird zunächst der Sand in abgemessener Menge aufgeschüttet, darüber der Zement ausgebreitet und die trockne Masse zunächst 3—4 mal mit der Schaufel durchgearbeitet, bis sie eine gleichmässig graue Farbe hat; alsdann folgt der Wasserzusatz, der nicht grösser sein darf, als dass der fertig gemischte Beton erdfeucht — nicht schwimmend — ist. Dem bei 2—3 maliger Durcharbeitung entstandenen, ziemlich trocknen Mörtel werden die Steine in abgemessener Menge zugeführt, worauf wiederum eine 2 bis 3 malige Durcharbeitung der Masse so weit folgt, dass alle Steine mit Mörtel umhüllt sind. Die Menge des jedesmal so zubereiteten Mörtels ist gering zu halten, da die Verarbeitung desselben innerhalb der nächsten zwei Stunden erfolgen muss. Vor jeder neuen Benutzung der Mörtelpritsche ist dieselbe gut abzukehren, damit nicht bereits abgebundene alte Mörteltheile sich dem neuen Mörtel beimischen. Heute werden besonders häufig Fundamente von Beton hergestellt, wobei die Masse bei gut stehenden Baugruben mit lothrechten Wänden in dieselben eingestampft wird. Sonst bedarf man besonderer Betonbaugerüste.

Fig. 68.



Als solches ist das Betonbaugerüst, D. R. P. No. 109 927, System Toelpe in Neumünster, empfehlenswerth. Die in Fig. 68 sichtbaren Hohlschienen werden lothrecht aufgestellt und zunächst mit eingestampft. Mithilfe eines drehbaren Knebels, der in den Schlitz der Schiene fasst, werden die Bohlen daran befestigt und ebenso durch einen einzigen Griff abgenommen und nach Bedarf weiter oben angebracht. Die Schienen sind durch Bolzen miteinander verbunden, die nach Fertigstellung eines Mauerabschnitts herausgezogen werden.

Das Einfüllen des Betons in die aus Bretterschalungen oder Eisen hergestellten Formen geschieht in schwachen Schichten von etwa 20 cm Höhe; es ist nothwendig, dass die Fläche der unten liegenden Schicht sauber gereinigt, u. Umst. angefeuchtet wird, bevor das Auftragen einer neuen Schicht erfolgt; günstig ist auch ein Aufrauhen dieser Fläche, um das Aneinanderhaften der beiden Schichten zu vermehren. Beim Schütten der Schicht etwa heraus rollende Steinstücke sind sorgfältig wieder einzubetten. Die obere Fläche der Schicht soll wagrecht abgeglichen werden; handelt es sich um grössere Längen, oder ist aus sonstigen Gründen unthunlich, auf einmal die Schicht in ganzer Länge herzustellen, so sind in regelmässigen Abständen Absätze (Abtreppungen) zu bilden. Unmittelbar nach dem Einbringen wird jede Schicht mit eisenbeschlagenen Stampfern (von

12—15^{kg} Schwere) so lange bearbeitet, bis sich Wasser an der Oberfläche zeigt. Durch Einbetten grösserer Steine in die Schüttung kann der Mörtelverbrauch entsprechend vermindert werden.

Zementmörtel in der Mischung von 1:3 Gewichtstheilen muss, nach den Normen geprobt, eine Kleinst-Zugfestigkeit von 16^{kg} für 1^{qcm} und eine Kleinst-Druckfestigkeit von 160^{kg} für 1^{qcm} haben; meist wird ein Erzeugniss von höherer Festigkeit geliefert; in zahlreich vorliegenden und bewährten Ausführungen sind diese Festigkeiten zu etwa $^1/_5$—$^1/_4$ ausgenutzt. Aber auch wenn man weniger weit gehen und nur eine Ausnutzung von $^1/_{10}$—$^1/_8$ gestatten will, ergeben sich Wandstärken, welche die aus Mauerwerk in Kalkmörtel noch nicht erreichen, da dessen Zug- und Druckfestigkeit hinter den oben angegebenen des Zementmörtels zurück bleiben.

Folgende Mischungs-Verhältnisse sind üblich und ergeben etwa die dabei aufgeführten Betonmengen:

1 Th. Portland-Zement, 0,60 Th. Sand, 0,7 Th. Kies, 0,8 Th. Kalk, 1 Th. Steinschlag = 2,0 Th. Beton.
1 „ „ 2,0 „ „ 2,5 „ Schotter . . . . = 3,2 „ „
1 „ „ 2,0 „ „ 4,0 „ Kies . . . . = 4,4 „ „
1 „ „ 3,0 „ „ 6,0 „ „ . . . . = 6,6 „ „
1 „ „ 4,0 „ „ 8,0 „ „ . . . . = 8,8 „ „
1 „ „ 4-6 „ Kies, 4-8 „ „ . . . . 4,5-9,0 „ „

Es ist dabei zu bemerken, dass, wenn der Beton zur Verbrauchsstelle weiten oder unbequemen Transporten unterliegt, oder wenn derselbe im Wasser geschüttet wird, der Bedarf an lockerer Masse wegen der Zusammendrückung beim Stampfen und der Verluste um 10 bis 15 % vergrössert angenommen werden muss.

Ein Zusatz von Fettkalk zum Zementmörtel macht letzteren geschmeidiger für die Verarbeitung und dichter gegen Wasserdurchtritt.

Beton ist den Wirkungen der Wärme unterworfen; desgleichen sind mit dem Abbinden des Materials geringe Volumen-Aenderungen verknüpft; alle diese Aenderungen bleiben jedoch hinter denen anderer Materialen zurück. Versuche von Dr. Schumann (welche sich über fünf Jahre erstreckten), ergaben bei Zementmörtel (1 : 3) im Wasser für 1^{m} Länge eine Zunahme um 0,30^{mm}, davon im ersten Vierteljahre allein 0,20^{mm}. Derselbe Spezialist hat an Prismen von 10^{cm} Seitenlänge aus Zementmörtel (1 : 3), die drei Wochen an der Luft erhärtet waren, eine Längenverminderung der Seiten von 0,042^{mm} beobachtet. Diese Aenderungen sind sehr unbedeutend.

Die Vermeidung von Haarrissen hat besonderen Werth nur bei Mauern, welche Wasserdichtigkeit besitzen müssen; bei gewöhnlichen Hochbauten ist sie belanglos. Doch ist es ein Gebot der Vorsicht, sie möglichst zu vermeiden. Theils dient dazu eine entsprechende Magerung des Zementmörtels. Je fetter der Mörtel genommen wird, um so mehr ist die Entstehung von Rissen begünstigt; man soll daher weder Mörtel von fetteren Mischungen als etwa 1 : 3, noch auch Mörtel ungleicher Zusammensetzung unmittelbar neben- oder aufeinander verwenden. Es soll ferner bei dem Einstampfen des Betons nicht so weit gegangen werden, dass alle, auch die kleinsten Hohlräume desselben geschlossen sind, sondern es muss dass Stampfen aufhören, bevor der Schluss sich vollzogen hat.

Soll die Mauer Gesimse erhalten, so können dieselben nachträglich angesetzt oder von vorn herein mit eingeformt werden; in ersterem Falle muss an der entsprechenden Stelle in die Form ein Holzkörper eingelegt werden, wodurch eine Nuth gebildet wird, in die das Gesims sich einfügt. Verblendungen aus dünnen, farbigen Plättchen, auch von Ziegel- oder anderer Form, können mit einem Betonbau unmittelbar verbunden werden. Die Verblendung ist in diesem Falle als Seitenwand der Form benutzbar, und es kann sogar eine grosse Sauberkeit der Verblendung erzielt werden, indem man an dem zur Herstellung der Wände benutzten Eisengerüst wagrecht einen Eisenstreifen beweglich befestigt, welcher Fugenlage, Fugenstärke und Fugentiefe bestimmt. — Ueber Beispiele von ganzen Hochbauten in Beton-Ausführung vergl. u. a. D. Bauztg. Jahrg. 1872, S. 44, 61 u. Jahrg. 1877, S. 458, sowie Baugew.-Ztg. 1884, No. 34 (auch Büsing-Schumann: Der Portland-Zement und seine Anwendungen im Bauwesen 1899).

Ueber Herstellung von Decken in Beton mit und ohne Eiseneinlagen siehe Haupt-Abschnitt IV dieses Bandes, betr. Feuersicherheit usw.

VI. Eigengewichte, Belastungsannahmen und zulässige Beanspruchungen des Mauerwerks, sowie der übrigen Materialien und Konstruktionen.

(Vergl. im übrigen auch die Haupt-Abschnitte III, IV, V.)

Für die Bemessung der Stärken der Mauerwerkskörper und überhaupt aller Bautheile sind die Belastungen aus Eigengewicht und Nutzlast, bezw. sonstigen anderen Belastungen, sowie die zulässigen Beanspruchungen maassgebend.

Die Geschäftsanweisung für das technische Bureau der Abth. f. Bauwesen im Minist. d. öffentl. Arbeiten in Preussen (Nachtrag vom 16. Mai 1890) giebt darüber die folgenden Bestimmungen, mit denen sich die Angaben des Berliner Polizeipräsidiums in der Hauptsache decken. Abweichende Angaben des letzteren sind in Klammern beigefügt, bezw. in besonderen Tabellen aufgeführt.

a. Einheitsgewichte der Baumaterialien in Kilogramm für 1 cbm.

Lfd. No.	Benennung der Baumaterialien	Gewicht für 1 cbm in kg
1	Erde und Lehm	1600
2	Kies	1800
3	Ziegelmauerwerk aus vollen Steinen	1600
4	„ „ „ porigen Steinen (1300)	1000—1200
5	„ „ „ Lochsteinen	1300
6	„ „ „ porigen Lochsteinen (1100)	900
7	Mauern aus Schwemmsteinen	850
8	„ „ Kalkstein	2600
9	„ „ Sandstein	2400
10	„ „ Granit bezw. Marmor	2700
11	Beton je nach dem Steinmaterial (2000)	1800—2200
12	Basalt	3200
13	Asphalt	1500
14	Gips, gegossen	970
15	Schiefer	2700
16	Glas	2600
17	Tannenholz	600
18	Kiefernholz	650
19	Eichenholz	800
20	Buchenholz	750
21	Gusseisen (Eisen 7500)	7250
22	Schweisseisen (Eisen 7500)	7800
23	Flusseisen (Eisen 7500)	7850
24	Gewalzter Stahl u. Flusstahl (Eisen 7500)	7860
25	Blei	11370
26	Bronze	8600
27	Kupfer	8900
28	Zink, gegossen	6860
29	Zink, gewalzt	7200

b. Eigengewicht der Bautheile.

α. Zwischendecken.

1. Hölzerne Zwischendecken.

Entfernung der Balken 1 m von Mitte zu Mitte, Stärke 24/26 cm.

Lfd. No.	Benennung der Deckenart	Gewicht kg/qm
1	Balkenlage nur mit gestrecktem Windelboden, Schleetstangen 7 cm Durchm., Lehmschicht nach Abzug der Stangendicke 10 cm	230
2	Balkenlage nur mit Fussboden von 3,5 cm Stärke	70
3	„ mit Stülpdecke 3 cm stark und Lehmschlag 10 cm stark	210
4	„ mit halbem Windelboden, mit Staakung oder Füllbrettern, 11 cm starker Lehmschicht oder Sandschüttung, 3,5 cm starkem Fussboden	220
5	Desgl. wie vor, aber unten nur 2 cm Schalung, gerohrt und geputzt	250
6	Desgl. wie unter 4, aber statt des Fussbodens ein 5—7 cm starker Gips- oder Lehmestrich	310
7	Desgl. wie unter 5, aber mit 5—7 cm starkem Gips- oder Lehmestrich statt des Fussbodens	340
8	Balkenlage mit ganzem Windelboden, unterhalb mit Lehm verstrichen, oberhalb mit 3,5 cm starkem Fussboden (Lehmschlag einschl. Staakhölzern 26 cm stark)	360

2. Gewölbte Zwischendecken.

Stich der Kappen 1/8. Einbegriffen sind bei der Gewichtsangabe die Hintermauerung, die Hinterfüllung bis Unterkante der Lagerhölzer mit Sand oder Koksasche, die 0,80 m v. M. zu M. entfernten 10/10 cm starken Lagerhölzer, der 3,5 cm starke Fussboden; ausgeschlossen ist das Gewicht der eisernen Träger. Bei Verfüllung des Hohlraumes zwischen den Lagerhölzern erhöht sich das Gewicht um 140 kg/qm.

Lfd. No.	Benennung der gewölbten Decken	Gewicht kg/qm
1	Preussische Kappe bis 2 m Spannweite, 1/2 St. stark, aus Vollsteinen .	370
2	Desgl. aus porösen oder Lochsteinen	310
3	Desgl. aus Schwemmsteinen	260
4	Desgl. für 2—3 m Spw. aus Vollsteinen	440
5	Desgl. wie No. 4, aber aus porösen oder Lochsteinen	380
6	Desgl. wie No. 4, aber aus Schwemmsteinen	330
7	Desgl. Decken aus Zement-Kiesel-Beton bis zu 1,5 m Spw. (1/10 Stich) .	370

β. Dächer.

Eigengewicht für 1 qm geneigter Dachfläche einschl. Sparren, Lattung bezw. Schalung, Deckungsmaterial usw.

Lfd. No.	Benennung der Dachart	Gewicht kg/qm
1	Einfaches Ziegeldach aus Biberschwänzen einschl. der 4/6 cm starken Latten, der 13/16 cm starken Sparren; letztere in 1 m Entfernung, der Dachsteine und des Mörtels	90
2	Doppeldach wie vor	120
3	Kronendach wie vor	130
4	Pfannendach wie vor	90
5	Pfannendach auf 2,5 cm Schalung nebst darüber gestreckter Lattung, sonst wie vor	110
6	Falzziegeldach wie No. 1	110
7	Deutsches Schieferdach auf 2 cm starker Schalung	85
8	Zinkdach auf 2,5 cm starker Schalung	40
9	Wellblechdach 150, 40, 1,5 mm auf ∟ Eisen in 2 m Abstand, 2 m freitragend	25
10	Theerpappdach auf 2,5 cm starker Schalung, Sparren 13/16.	35
11	Holzzementdach auf 3,5 cm starker Schalung, Sparren 13/18	180
12	Glasdach auf Sprosseneisen 0,45 m Abstand, Glas 4 mm dick	20
13	„ „ „ 0,55 „ „ „ 5 „ „	25
14	„ „ „ 0,55 „ „ „ 6 „ „	30

c. Belastung der Bautheile.

α. Nutzlast der Zwischendecken in Kilogramm für 1 qm Grundfläche.

Lfd. No.	Art der Nutzlast	kg/qm
1	Nutzlast für Wohngebäude und kleine Dienstgebäude durch Möbel, Menschen (abgesehen von der besonderen Belastung durch Akten)	250
2	desgl. in grösseren Geschäftsgebäuden von mehr als 300 000 Mk. Kosten (mit Rücksicht auf die Möglichkeit von veränderter Benutzung der Räume)	400
3	desgl. in Versammlungssälen	400
4	desgl. für Decken unter Durchfahrten und befahrbaren Höfen (sofern nicht grössere Einzellasten, Raddrücke, zu berücksichtigen sind) .	800
5	desgl. für Treppen	400

β. Gewicht einiger wichtigen Nutzlasten für 1 cbm.

Lfd. No.	Benennung der zu lagernden Materialien	Gewicht kg/qcm
1	Heu	100
2	Weizen	760
3	Roggen	680
4	Grosse Gerste	640
5	Kleine Gerste	510
6	Hafer	430
7	Erbsen	850
8	Torf	600
9	Braunkohlen	650
10	Steinkohlen	900
11	Koks	450
12	Eis	910
13	Aktengerüste und Schränke in Registraturen, Bibliotheken, Archiven usw. einschl. der Hohlräume	500
	Angaben der Berliner Baupolizei:	
14	Mehl	700
15	Gries	650
16	Hirse	850
17	Rüb- und Leinsaat	650
18	Kartoffeln	700
19	Zucker	750
20	Holz	400
21	Salz	800
22	Zement je nach der Lagerungsdichte	1350—2000

Findet Lagerung in Säcken statt, sind von den vorstehenden Angaben 0,75—0,85, bei Zucker jedoch etwa 1,1 zu rechnen.

Der Winddruck ist für 1 qm einer zur Windrichtung senkrechten Ebene nicht unter 125 kg in Anrechnung zu bringen; diese Annahme ist jedoch bei allen freistehenden Gebäuden (also auch bei Thürmen, hohen Schornsteinen vergl. hierzu Kap. VIII b) nöthigenfalls bis auf 250 kg zu erhöhen.

Bei Dächern ergiebt sich unter Annahme eines wagrecht wirkenden Winddruckes von 125 kg auf 1 qm lothrechter Fläche bei den gebräuchlichen Dachneigungen ein Winddruck senkrecht zur Dachfläche für 1 qm:

Dachneigung	$^1/_1$	$^1/_{1,5}$	$^1/_2$	$^1/_{2,5}$	$^1/_3$	$^1/_{3,5}$	$^1/_4$	$^1/_{4,5}$	$^1/_5$
Winddruck	88	69	56	47	40	34	30	27	24

Allgemein ist dieser Winddruck senkrecht zur Dachfläche zu setzen $W = W_0 . \sin \alpha$, worin $W_0 = 125$ kg, α der Neigungswinkel der Dachfläche gegen die Horizontale.

Bei Dächern über offenen Hallen ist auch ein von innen nach aussen wirkender Winddruck von 60 kg/qm anzunehmen.

Schneelast ist mit 75 kg für 1 qm Grundfläche in Ansatz zu bringen, wobei für Dächer auch die Möglichkeit einer einseitigen Belastung inbetracht kommt.

Mit zunehmender Steilheit der Dachflächen ist eine entsprechend geringere Belastung einzuführen.

d. Belastung der Bautheile einschl. Eigengewicht, nach den Angaben der Berliner Baupolizei in kg/qm.

Lfd. No.	Benennung der Belastungsart usw.	kg/qm
1	Balkenlage im Wohnhaus	250
2	desgl. einschl. Nutzlast	500
3	Balkenlage in Fabrikgebäuden und Lagerhäusern	250
4	desgl. einschl. Belastung	750
5	Balkenlage in Getreidespeichern einschl. Belastung zum Nachweis	850—1000
6	Gewölbte Decke aus porigen Steinen im Wohnhaus	350
7	desgl. einschl. Belastung	600
8	Gewölbte Decke in Fabrikgebäuden einschl. Belastung	1000
9	Gewölbte Decke unter Durchfahrten und fahrbaren Höfen einschl. Belastung	1250

Lfd. No.	Benennung der Belastungsart usw.	kg/qm
10	Wellblechdecke einschl. Belastung zum Nachweis	500—1000
11	Gewölbte Treppen	500
12	desgl. einschl. Belastung	1000
13	Dachflächen in der Horizontalprojektion gemessen einschl. Schnee- und Winddruck, bei Metall- oder Glasdeckung gemäss der Neigung . .	125—150
14	desgl. bei Schieferdeckung	200—240
15	desgl. bei Ziegeldeckung	250—300
16	desgl. bei Holzzementdeckung	350
17	Steile Mansarddächer	400

e. Zulässige Beanspruchung der Baumaterialien.

Lfd. No.	Benennung der Baumaterialien	Zulässige Beanspruchung für 1 qcm in kg	
		Zug	Druck
1	Schmiedeeisen (Abscheerung 600-750, nach Berl. Pol.-Präs. 600)	750—1000	750—1000
2	Flusseisen (die höhere Zahl gilt nur bei genau berechneten zusammengesetzten Konstrukt. (Min.-Erl. v. 11. 2. 1899)	875—1000	875—1000
3	Gusseisen (Abscheerung 200)	250	500
4	Bombirtes Eisenwellblech	500	500
5	Eisendraht	1200	—
6	Eichen- und Buchenholz	100	80
7	Kiefernholz	100	60
8	Granit	—	45
9	Niedermendiger Basaltlava	—	40
10	Sandsteine je nach Härte	—	15—30
11	Rüdersdorfer Kalkstein in Quadern	—	25
12	Kalksteinmauerwerk in Kalk-Mörtel	—	5
13	Gewöhnliches Ziegelmauerwerk in Kalk-Mörtel	—	7
14	Ziegelmauerwerk in Zementmörtel (11 kg)	—	12
15	Bestes Klinkermauerwerk in Zementmörtel (12—14) . . .	—	14—20
16	Mauerwerk aus porigen Steinen, je nach der Festigkeit ders.	—	3—6
17	Guter Baugrund je nach der Beschaffenheit (2,5)	—	2,5—5

Von den vorstehenden Beanspruchungen sind nach den Vorschriften des Ministeriums in der Regel die kleineren Zahlen, die höheren nur dann anzuwenden, wenn Erschütterungen und starker Wechsel von Belastungen ausgeschlossen ist und wenn die Baumaterialien vor der Verwendung auf gute und gleichmässige Beschaffenheit geprüft werden. Das gleiche gilt hinsichtlich des Baugrundes, dessen Belastung — bei sonst gleicher Beschaffenheit — auch mit zunehmender Tiefe der Bausohle unter der Oberfläche des umgebenden Erdbodens erhöht werden darf.

Die vorstehende Tabelle über die zuläsigen Beanspruchungen zieht für Mauerwerke nur die Druckfestigkeit inbetracht, macht dagegen keine Angaben über Zugfestigkeit. Letztere soll bei Mauerwerkkonstruktionen auch nicht inanspruch genommen werden, da sie gegenüber der Druckfestigkeit nur gering ist. (Bei Zementmörtel $^1/_{10}$ der Zugfestigkeit) Die Konstruktionen sind daher zur Vermeidung von Rissebildungen so anzuordnen, dass Zugspannungen überhaupt vermieden werden. Wenn das nicht wohl möglich ist, wie z. B. bei Futtermauern, werden bei der Querschnittsermittlung die gezogenen Flächentheile nicht berücksichtigt.

Ueber Beton enthalten die Tabellen überhaupt keine Festigkeitszahlen. Bezüglich der Zugspannungen gilt im allgemeinen dasselbe wie bei Mauerwerk. Auch hier sind Zugspannungen möglichst zu vermeiden, oder höchstens in sehr niedrigen Grenzen (1—2 kg/qcm) in Ansatz zu bringen, letzteres nur da, wo etwaige Rissebildungen unschädlich sind. (Ueber Zugspannungen bei Beton-Konstruktionen mit Eiseneinlage siehe Haupt-Abschnitt IV. Rücksichten auf Feuersicherheit usw.)

Die Druckfestigkeit des Betons ist in hohem Maasse abhängig von dem Mischungsverhältniss, der Art der zum Zement hinzugesetzten Materialien, von der Art der Erhärtung — ob an der Luft oder unter Wasser —, von der Frist,

welche bis zum Erhärten gelassen wird, schliesslich von der Art der Herstellung — lose Schüttung oder Einstampfen. Ausserdem wird die zulässige Belastung abhängig zu machen sein von der Bedeutung des Bauwerks oder Bautheiles, von der Sorgfalt der statischen Rechnung usw. Es ist daher schwer, brauchbare Mittelwerthe anzugeben. Bei einzelnen sorgfältig konstruirten und berechneten Betonbrücken ist man bis auf 50 kg/qcm mit der Druckbeanspruchung gegangen. Bei Hochbauten wird man etwa die gleiche Festigkeit für Stampfbeton annehmen dürfen, wie für gutes Klinkermauerwerk in Zementmörtel, d. h. bis zu 20 kg/qcm. Bei Schüttung unter Wasser zur Herstellung von Fundamenten wird man dagegen nicht mehr als die Hälfte der Festigkeit des Stampfbetons annehmen dürfen, nämlich 8—10 kg/qcm. —

VII. Nachträgliche Ausführung von Verblendungen.

Jede Verblendung, ob aus Werksteinen oder Ziegeln, sollte gleichzeitig mit der Hintermauerung ausgeführt werden, um die Trennung der ersteren von der Hintermauerung infolge des ungleichmässigen Setzens zu verhindern; leider wird im Interesse der Sauberkeit der Verblendung, oder wegen mangelhafter Arbeits-Eintheilung von dieser Regel oft abgewichen. Es ist dann jedenfalls nöthig, durch Enge der Fugen und Verwendung eines weniger schwindenden Mörtels dem erwähnten Uebelstande vorzubeugen. Sollen Putzbauten, die als solche schon längere Zeit bestanden haben, nachträglich verblendet werden, so sind — insbesondere mit Rücksicht auf die Erhaltung der Architekturglieder — besondere Herstellungsweisen nöthig.

Fig. 69.

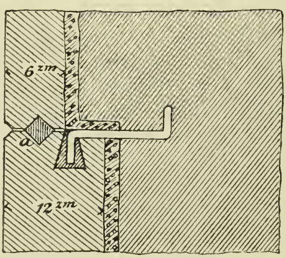
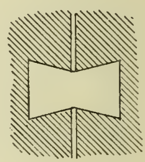


Fig. 70.



Bei dem ursprünglich in Putzbau ausgeführt gewesenen Schauspielhause in Berlin ist nachträglich eine Verblendung mit Sandstein angebracht, bei welcher man folgendermaassen vorgegangen ist: es wurden im allgemeinen dünne Platten, und zwar Läufer von etwa 6 cm, Binder von 12 cm Stärke, bei tiefer Quaderung entsprechend stärkere von etwa 12—18 cm, verwendet; in dieser Stärke wurden die Mauern abgestemmt, Fig. 69. An den Ecken kamen, der vorhandenen Fugentheilung entsprechend, grössere Werkstücke zur Verwendung; kleinere Pfeiler wurden voll aus Quadern hergestellt. Gesimse erhielten die durch das Profil bedingten Abmessungen. Das Ober- und Unterlager der Quader wurde mit einer Gussnuth *a* von nur 1,5 cm Weite versehen, während in den Stossfugen dieselbe angemessen vergrössert wurde. Die Rückseiten der Werkstücke wurden möglichst rauh, also in bruchmässigem Zustande belassen, die Quader trocken auf Bleiplatten versetzt und durch Bauklammern mit einem quadratischen Querschnitt von mindestens 4 mm Seite und der erforderlichen Länge, meist 10—12 cm, mit dem Mauerkern verbunden. Auf jedes Meter Länge sind 2—3 Klammern benutzt, jeder Stein erhielt aber mindestens zwei Klammern. An den Ecken und auch an sonst geeigneten Stellen sind die Stücke durchgängig mit Stossklammern aus Bronze, Fig. 70, verbunden worden. Verzinktes Eisen glaubte man bei der geringen Dicke der Verblendung hierzu nicht verwenden zu sollen, weil man die Gefahr des Rostens nicht für ausgeschlossen hielt. Die Klammern sind in das Ziegelmauerwerk eingegipst, in die Sandsteinstücke eingebleit. Zum Vergiessen der Fugen ist Mörtel aus hydraulischem Kalk, unter Ausschluss von Zement, Fettkalk und Gips, verwendet worden. Durch das Abstemmen des Mauerwerks etwa sich ergebende Hohlräume hinter der Blende wurden mit klein geschlagenen Ziegelsteinen und Mörtel sorgfältig ausgefüllt. Bei so schwacher, nachträglicher Verblendung ist auf die Wahl eines wetterbeständigen Materials besonderer Werth zu legen.

Die nachträgliche Verblendung eines Putzbaues mit Ziegeln unter Schaffung einer reichen Gliederung des Aeusseren ist in den Jahren 1878—1879 an der Jerusalemer Kirche in Berlin ausgeführt worden. Eine genaue Beschreibung dieser Ausführung findet sich im Jahrgang 1880 der Deutsch. Bauztg. S. 206. ff.

VIII. Rauchröhren und Schornsteine.

a. Rauchröhren und Schornsteine in Wohnhäusern.

In den Mauern der Wohnhäuser müssen Röhren angelegt werden: 1. für die Abführung des Rauches der Heizöfen — die Rauchröhren, 2. für die Ableitung der kalten oder warmen Luft — die Ventilations- oder Luftröhren und 3. für den Abzug von Dämpfen — die Wrasenröhren. Frei stehende Rauchröhren nennt man „Schornsteine“.

Die Anlage von Rauch-, Ventilations- und Wrasenröhren ist vollständig dieselbe, nur dass für Rauchröhren besondere polizeiliche Vorschriften gegeben sind, die allerdings meistens auch für die übrigen Geltung haben, weil mit Recht angenommen wird, dass leicht einmal eine von vorn herein nicht als Rauchröhre hergestellte Röhre später als solche benutzt werden könnte. Von diesen unterscheidet man weite, besteigbare, oder Steigröhren mit einem rechteckigen Querschnitt von 42—47 ^{cm} im Lichten (grössere müssen Steigeisen erhalten), und enge

Fig. 71, 72.

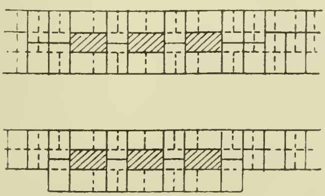
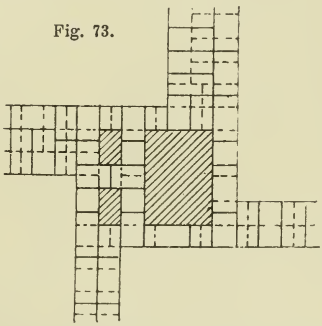


Fig. 73.



oder russische Röhren mit einem Querschnitt von 16—21 ^{cm}. In Berlin werden sie 13 ^{cm} breit und 20 ^{cm} lang gemacht, weil die Polizei einen Kleinst-Querschnitt von 250 ^{qcm} vorschreibt und jene Abmessungen sich in den Steinverband gut einfügen. Besteigbare Röhren werden heute nur noch selten ausgeführt.

Die Wände (Wangen) der Rauchröhren müssen, um beim Reinigen nicht durchschlagen oder durchstossen zu werden, auch des Wärmeschutzes wegen, mindestens $^1/_2$ Stein, an Nachbargrenzen 1 Stein stark sein; ebenso erhält die Scheidemauer zwischen zwei Röhren (Zunge) 12 ^{cm} Stärke. Eiserne Zungen werden rasch zerstört, sei es beim Fegen, sei es durch den Rauch. Die Beispiele Fig. 71, 72 u. 73 legen den anzuordnenden Steinverband einigermaassen klar. Rauchröhren mit rundem Querschnitt, von Formsteinen hergestellt, werden theuer, ohne wesentlichen Nutzen zu bringen. Dagegen empfiehlt es sich mehr, Thonrohre oder besondere von Thon gebrannte, dünnwandige Formstücke, welche nach Bedarf aus ein, zwei oder drei rechteckigen Rohren von 60—80 ^{cm} Länge nebeneinander bestehen und mit Falz aufeinander gesetzt eingemauert werden, zu benutzen. Diese haben vor den ersten den Vorzug der glatten Wandung mit nur wenigen Fugen, sowie der räumlichen Beschränkung, da die Trennungswangen nur eine Stärke von etwa 2 ^{cm} besitzen. Auch die Feuersicherheit wird durch Verwendung solcher Rohre vergrössert. — Wenn man mehrere Oefen in ein und dieselbe Röhre einmünden lässt, wird die Verbindung meist nur mit Oefen eines und desselben Geschosses ausgeführt, nicht dagegen mit mehreren Oefen, die in verschiedenen Geschossen über einander stehen. Für den Zug in Schorn-

steinen ist es in der Regel gleichgiltig, ob man mehrere Oefen eines oder verschiedener Geschosse an dieselbe Rauchröhre anschliesst, wenn nur dafür gesorgt ist, dass die Röhrenmündungen nicht so gegenüber liegen, dass Hindernisse für die Rauchbewegung entstehen. Es muss aber beachtet werden, dass durch den Anschluss mehrerer in verschiedenen Geschossen aufgestellter Oefen an eine gemeinsame Rauchröhre eine Verbindung zwischen den verschiedenen Räumen geschaffen wird, welche zu Zeiten zum Eindringen von Rauch aus einem untenstehenden Ofen in einen höher liegenden Raum Veranlassung geben kann und im übrigen immer stark schallleitend wirkt. Bei dem weniger guten Zuge, den Kochmaschinen (Kochherde) gewöhnlich haben, ist es immer gewagt, in eine Rauchröhre, an welche bereits ein Ofen angeschlossen ist, noch eine Kochmaschine einzuführen; diese erhält daher regelmässig eine besondere Rauchröhre. Rauchröhren gleichzeitig als Wrasenröhren zu benutzen, empfiehlt sich nicht, da leicht ein Rückschlagen des Rauches in die Küche stattfinden kann.

In eine Rauchröhre mit 250 qcm Querschnitt dürfen, da man als Querschnittgrösse für einen Ofen etwa 80 qcm annimmt, höchstens drei Stubenöfen einmünden, besser nur zwei. Ein Kochherd oder eine Waschküchen-Feuerung gilt in Berlin für drei Stubenöfen. Jede Röhre muss unten, möglichst im Keller — um die Verunreinigung durch Russ zu verhindern — eine eiserne Reinigungsthür, oder, besser, Doppelthür erhalten. Vielfach werden solche auch in den Dachbodenräumen für den Schornsteinfeger angebracht; das ist indessen feuergefährlich und daher an einzelnen Orten (wie auch in Berlin) verboten. Die Reinigung muss vom Dache aus erfolgen, wo deshalb die nöthigen Einrichtungen, bestehend in Laufbrettern, Tritten usw., zu treffen sind. Die Lage der Rauchröhren in Fig. 74 ist eine höchst ungeeignete, weil die Röhren „gezogen“ werden müssen, damit die Oefen in den verschiedenen Geschossen in sie einmünden können, Fig. 75; das Ziehen darf höchstens unter 45° geschehen. Bei stärkerem Ziehen, wie es nur unter Verwendung von Hilfskonstruktionen möglich ist, ist am unteren Ende des stark geneigten Theils eine Reinigungsthür anzubringen. In Fällen, wie dem vorliegenden, ist es besser, die Rauchröhren in die schwache Mauer zu legen; Fig. 71.

Fig. 74.

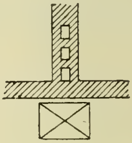
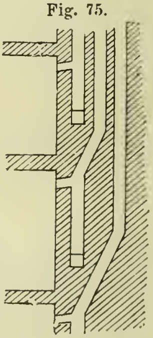


Fig. 75.



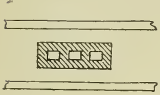
Der Russ ist entweder Staub- oder Glanzruss. Letzterer setzt sich besonders bei feuchten oder kalten Mauern an den Wangen als Kruste fest, schlägt auch häufig durch, färbt den Putz- oder Fugenmörtel braun, riecht sehr unangenehm und kann auch feuergefährlich werden. Zur Abhilfe muss der Putz entfernt werden, auch sind die Fugen tief auszukratzen, worauf die ganze Fläche neu mit nicht zu magerem Zementmörtel zu putzen ist. Aus dem Grunde ist es empfehlenswerth (und in Berlin auch polizeilich vorgeschrieben), für Küchen mit engen Rauchröhren besondere Wrasenröhren anzuordnen, weil diese die Feuchtigkeit abführen, welche die Entstehung von Glanzruss möglich macht. Wrasenröhren liegen am besten zwischen zwei russischen Röhren, weil sie dabei warme Seitenwände haben und gut ziehen; sie erhalten gewöhnlich dieselben Abmessungen wie Rauchröhren. Die Leistungen kalt liegender Wrasenröhren sind sehr gering.

Von Balkenlagen und sonstigem Holzwerk müssen die Aussenseiten der Schornsteine, falls ihre Wangenstärke weniger als 25 cm beträgt, überall mindestens 10 cm entfernt gehalten oder durch doppelte, in Verband und Mörtel gelegte Schichten aus Dachsteinen getrennt werden. Nach den Berliner Polizei-Vorschriften sind Kachelöfen von verputztem oder verblendetem Holzwerk 25 cm, eiserne Oefen 50 cm entfernt zu halten. Bei freiem Holzwerk ist wenigstens die doppelte Entfernung nothwendig, also auch bei Thürbekleidungen, welche anderenfalls mit Zink- oder Eisenblech zu schützen sind.

Reinigungsthüren müssen von allem Holzwerk 1 m weit entfernt bleiben und dürfen nie unter hölzernen Treppen angeordnet sein.

Um die Rauchröhren in einem gemeinsamen Schornsteinkasten über das Dach hinaus zu führen, legt man sie gern zusammen und, wenn es irgend angeht, so, dass sie zwischen zwei Sparren austreten, Fig. 76, damit eine Sparren-Auswechselung vermieden werde. Putzen der Rauchröhren im Inneren hat keinen besonderen Zweck, weil der Putz beim Fegen leicht beschädigt wird. Besser ist es, das Mauerwerk im Inneren recht glatt zu fugen. Will man, trotz der Schwierigkeit, in der Rauchröhre einen haltbaren Putz herzustellen, dennoch putzen, so benutzt man einen hölzernen Kasten als Lehre, der etwa 50—100 cm lang ist und das Röhrenprofil bestimmt, schiebt denselben nach dem Mörtelanwurf an einer Handhabe in der Röhre auf und nieder, wodurch der Mörtel geglättet und auch verhindert wird, herab zu fallen und den fertigen Theil der Röhre zu versperren.

Fig. 76.



An den Aussenseiten sollen die Schornsteinkasten, soweit sie innerhalb der Gebäude liegen, stets geputzt werden, um zu verhüten, dass bei nicht ganz ausgefüllten Mörtelfugen die Hitze oder auch Funken durchschlagen, wodurch häufig Deckenbrände entstehen.

Aus dem bisher Gesagten ist zu ersehen, dass die Anlage der Rauchröhren schon beim Entwerfen des Grundrisses besondere Aufmerksamkeit erfordert. Unzweckmässig z. B. liegen sie hart neben Thüröffnungen, da hier der Ofen im Wege steht. Fehlerhaft ist es, den Schornstein in den Aussenwänden anzuordnen, weil hier die Rauchgase schnell erkalten und der Zug leidet, auch Kollisionen mit der Drempelwand und den Dachrinnen eintreten. Kann diese Lage nicht vermieden werden, so ist durch eine Luftschicht im Mauerwerk Schutz gegen Abkühlung zu schaffen, Fig. 77.

Fig. 77.

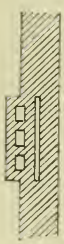


Fig. 78.

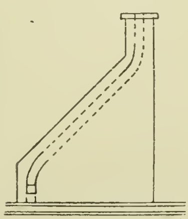
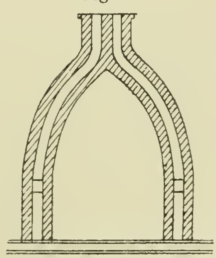


Fig. 79.



Jeder Schornstein muss auf gemauertem Fundament, nicht auf Mauer-Auskragungen oder gar auf Holzwerk, ruhen. Ecken müssen durch Bögen von mindestens 1 m Halbmesser ausgerundet werden, um nicht Widerstände für den Abzug der Rauchgase zu schaffen und um das Fegen zu erleichtern. An nicht vermeidbaren Brechpunkten sind für letzteren Zweck Reinigungsthüren anzuordnen, Fig. 78.

Liegen zwei Schornsteine einander gegenüber, so können sie sich gegenseitig stützen, Fig. 79; doch sollen die Röhren nicht vereinigt, sondern getrennt zum Dache hinaus geführt werden. Ist das „Ziehen“ oder „Schleifen“ nicht anwendbar, so muss im Grundriss eine andere, passendere Lage für den Schornstein aufgesucht werden.

Nach Berliner Polizei-Vorschrift muss jeder Schornstein die Dachfläche um mindestens 30 cm überragen; doch ist es räthlich, um dem Einfluss des Windes zu begegnen, den Schornsteinkopf um eben soviel über den First des Hauses oder über hohe Nachbargiebel aufzuführen. Die frei stehende Höhe solcher Röhren, welche im äusseren Mauerwerk nicht breiter als 60 cm sind, darf nicht grösser als vier, bei zwei oder mehreren Röhren neben einander nicht über 5 m sein. Ragen solche Röhren höher als 1,25 m über die Dachfläche auf, so müssen sie 1 Stein starke Wangen erhalten oder durch Zuganker gehalten werden, was überhaupt nöthig wird, sobald diese Höhe mehr als etwa 2,5 m beträgt.

Erleichtert wird die Erhöhung der Schornsteinköpfe durch Verwendung von Aufsätzen (Kappen, Hüte, Deflektoren, Rauchsauger usw. genannt), die aus Thon, Zink oder Eisenblech gefertigt werden. Zink und Eisen versprechen hier aber keine lange Dauer, weil sie von der schwefligen Säure des Rauches zu stark angegriffen werden. Aufsätze müssen so geformt sein, dass sie das Fegen

des Schornsteins nicht hindern, erforderlichenfalls dazu seitliche Thüren usw. besitzen. Sie dürfen auch kein angesammeltes Wasser in den Schornstein leiten und sind, um einen festen Stand zu erhalten, entweder fest einzumauern oder zu verankern.

Die meisten Aufsätze heben auch das Hinderniss für den Rauchabzug auf, welches durch einfallende Sonnenstrahlen oder durch Eindringen von Schnee und Regen gebildet wird, abgesehen davon, dass sie schädliche Luftströmungen abhalten oder in günstig auf den Rauchabzug wirkende umwandeln. Dasselbe suchte man früher durch Aufmauerung der Schornsteinköpfe mit oberem Schluss und Austrittsöffnungen an den Seiten, Fig. 80, zu erreichen; doch waren diese Konstruktionen manchmal mehr schädlich als nutzbringend. Heute verwendet man lieber Kappen aus Gusseisen, verzinktem oder, besser, mit Asphaltanstrich versehenem Eisenblech, Fig. 81. Fig. 82 zeigt einen der bekanntesten Thonrohr - Aufsätze, dessen abwärts geneigte Stutzen dem Rauche unter allen Umständen, selbst bei starkem Winde, einen Ausweg gestatten.

Fig. 80.

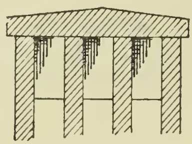


Fig. 81.

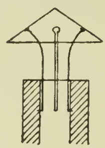


Fig. 82.

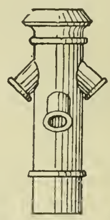
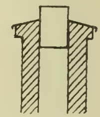


Fig. 83.



Aufsätze sind nicht als Abhilfsmittel bei schlecht angelegten Rauchröhren zu betrachten, sondern im allgemeinen nur geeignet, verbessernd auf den Zug zu wirken. Ehe man sich zur Anwendung entschliesst, sollte eine genauere Untersuchung der Mängel einer Anlage, sowie darüber, ob durch das Anbringen eines Aufsatzes Abhilfe zu erwarten ist, stattfinden. Ein Fall, in welchem die Anwendung immer angezeigt sein wird, liegt bei öfter unterbrochener Heizung vor, weil ein durchkälteter Schornstein fast immer rauchen wird; man hilft hier für den ersten Anfang durch Entzündung eines schnell auflodernden Feuers mittels Stroh, Papier usw.

Der Mörtel in der Mündung der Schornsteinköpfe wird sehr bald durch die Einflüsse der Witterung, verbunden mit der Hitze des ausströmenden Rauches und der zersetzenden Wirkung von schwefliger Säure zerstört. Man sollte stets Zementmörtel verwenden und ausserdem die Mündung durch eine Blechabdeckung, Fig. 83, schützen, die allerdings von Zeit zu Zeit erneuert oder durch Anstriche gegen die Angriffe der schwefligen Säure bewahrt werden muss.

Der Materialienbedarf für frei stehende Rauchröhren mit $^1/_2$ Stein starken Wangen ist für 1 sogen. „steigendes Meter“ folgender:

Bedarf an Ziegeln für	freistehend auf a. allen Seiten	b. 3 Seiten	c. 2 Seiten	
Steigröhren von $^{38}/_{45}$ cm Weite bei				bei b u. c wird angenommen, dass die Rauchröhren an Mauern liegen.
einfachen Röhren	120	78	52	
doppelten „	190	130	104	
dreifachen „	286	182	156	
vierfachen „	351	284	208	
Russische Röhren von $^{13}/_{20}$ cm Weite bei				
einfachen Röhren	60	40	30	
doppelten „	100	70	55	
dreifachen „	140	100	80	
vierfachen „	180	120	105	

1000 Ziegel erfordern zum Vermauern 350—375 l Kalk einschliesslich des inneren Putzes der Schornsteine.

b. Fabrik-Schornsteine.

Fabrik-Schornsteine haben neben dem Zwecke der Zugerzeugung bei grösseren Feuerungen auch den der Ueberleitung der Rauch- und anderer giftiger Gase, die sich in einzelnen chemischen Betrieben usw. entwickeln, in höhere Theile der Atmosphäre, wo sie unschädlich für das Gedeihen der Pflanzen und die Gesundheit der Menschen, vertheilt werden. Die Geschwindigkeit der ausströmenden Luft hängt von dem Gewichtsunterschied der beiden, durch den Schornsteinmantel getrennten Luftsäulen ab.

Am oberen Ende des Schornsteins muss noch ein gewisser Wärmevorrath in den Gasen vorhanden sein. Wollte man die Schornsteinhöhe so gross machen, um jenen Wärmeüberschuss aufhören zu lassen, so würde eine noch weitere Erhöhung keinerlei Nutzen mehr bieten, sogar schädlich wirken. Nach v. Reiche ist die Höhe der Schornsteinmündung über dem Rost (in ^{m}) zu nehmen: $h = 0{,}00277 \left(\frac{B}{R}\right)^2 + 6\,d$, worin d den Durchmesser der Schornsteinmündung in ^{m}, R die Rostfläche der Kesselanlage in ^{qm}, B die in einer Stunde von der Feuerungsanlage verzehrte Brennstoffmenge in ^{kg} bezeichnen; ferner nehme man $d = 0{,}1 \left(\frac{B}{R}R\right)^{0,4} = 0{,}1\ B^{0,4}$. Als Mindesthöhe ist für die Schornsteinmündung etwa das Maass von 5^m über den bis auf 300^m benachbarten höchsten Dachfirsten von Wohngebäuden zu nehmen. Der untere lichte Schornstein-Durchmesser d_1 ist vorläufig zu $d_1 = d + {}^1/_{50}\,h$, oder, wenn die Standfähigkeit dies fordert, grösser*) anzunehmen. Bei kleineren Anlagen betrage der obere Schornstein-Querschnitt $^1/_6 - {}^1/_{10}$ der Rostfläche bei Braunkohlen-, und $^1/_4 - {}^1/_6$ bei Steinkohlen-Feuerung, wobei mit wachsender Zahl der angeschlossenen Kessel das kleinere Verhältniss zu nehmen ist. Sollen die Schornsteine besteigbar sein, so ist als Kleinstmaass $0{,}60^m$ für runde, $0{,}55^m$ für viereckige Schornsteine als Lichtmaass zu nehmen. Der untere Querschnitt wird wie oben angegeben berechnet.

Grössere Schornsteine erhalten meist einen viereckigen oder runden Querschnitt, selten einen vielseitigen, weil dessen Ecken nicht wohl ohne Benutzung von Formsteinen ausführbar sind. Der zweckmässigste Querschnitt ist der runde, weil dabei der Winddruck am kleinsten ist und er auch die drehende Rauchbewegung am wenigsten hindert, weil ferner der Reibungswiderstand und die verlorene Wärmemenge, endlich die erforderliche Mauerwerks-Menge am geringsten ausfallen; der viereckige Querschnitt ist am wenigsten zu empfehlen.

Die Annahmen über den bei der Berechnung hoher Schornsteine zugrunde zu legenden Winddruck für 1^{qm} senkrecht getroffener Fläche sind noch nicht völlig geklärt. Die preuss. Akad. des Bauwes. hält $125^{kg/qm}$, die Windrichtung dabei wagrecht angenommen, nach ihrem Gutachten vom 13. Juli 1889 u. 17. April 1899 für ausreichend. Diese Zahl ist mit 0,75, 0,71 bezw. 0,67 zu multipliziren für 6, bezw. 8 eckigen und kreisrunden Querschnitt. Auf dieses Gutachten hat das Minist. d. öffentl. Arbeiten durch Runderlass vom 25. Juli 1889 zwar hingewiesen, es stimmen damit aber nicht die im Abschnitt VI wiedergegebenen Vorschriften von 1890 überein. Eine vom preuss. Minist. f. Handel u. Gewerbe einberufene Sachverständigen-Kommission hat i. J. 1900 für Schornsteine üblicher Abmessungen, also bis 75^m Höhe, 3^m oberem Durchmesser, diese Zahl auf $150^{kg/qm}$ erhöht, wobei dann die saugende Wirkung des Windes auf der Leeseite schon berücksichtigt ist. Diese Zahl gilt für das Binnenland, für besonders exponirte Punkte, bezw. an der Küste sind u. Umst. höhere Zahlen zu wählen. Das preuss. Minist. d. öffentl. Arbeiten schreibt durch Erlass vom 3. Juni 1897 für die Schornsteine im Küstengebiete der Nordsee allgemein $200^{kg/qm}$ Winddruck vor, lässt aber $1{,}5^{kg/qm}$ Zugspannung bei Verwendung verlängerten Mörtels zu. Prof. v. Reiche nimmt $300^{kg/qm}$ an, während nach österreichischer Vorschrift Schornsteine gegenüber einem Winddruck von $150^{kg/qm}$ noch 2 fache Sicherheit gegen Umkippen haben sollen. Prof. G. Lang schlägt in seinem Werke über den Schornsteinbau (Hannover 1896) die Annahme eines nach oben wachsenden Winddruckes vor,

---

*) S. hierüber „Hütte" und im Deutschen Baukalender.

wobei diese Zunahme nach dem Verhältniss $W_x = W + x$ in $^{kg/qm}$ stattzufinden hätte. W ist dabei der Winddruck in Sockelhöhe, x die Höhe des betreffenden Horizontalschnittes über dem Sockel in ^{m}.

Wenn r den äusseren Halbmesser eines Schornstein-Querschnittes (^{m}), G das Gewicht der darüber befindlichen Mauermenge (^{kg}), F die lothrechte Projektion derselben (^{qm}), s den Abstand des Schwerpunktes von F von dem betreffenden Querschnitte (^{m}) bezeichnen, so müssen zur Sicherung der Standfähigkeit folgende Bedingungen erfüllt sein:

für den 4eckigen Schornstein $G\,r \geq w\,F\,s$
„ „ 8eckigen „ $G\,r \geq 0{,}71\,w\,F\,s$
„ „ runden „ $G\,r \geq 0{,}67\,w\,F\,s$

Die Formeln lassen aber die Biegung des Schornsteins unter dem Winddruck ausseracht und ebenso die entstehenden Kantenpressungen, sind daher blosse, sogen. Faustformeln, die für wichtigere Fälle nicht ausreichen. Die von der schon genannten Sachverständigen-Kommission aufgestellten „Grundsätze zu einheitl. Bestimmungen über die Berechnung der Standfestigkeit der Schornsteine“ verlangen, dass die Druckresultirende jedenfalls innerhalb des Querschnitts bleiben muss, auch wenn sich die Fugen auf der Windseite öffnen (bis höchstens zur Hälfte der Breite), und dass dabei die Kantenpressungen $k_{max.} < 5 + 0{,}15 \,.\, h$ $^{kg/qcm}$ bleiben müssen, wo h der Abstand des betreff. Querschnitts von der Schornsteinmündung ist. Diese Druckspannung ist bei Anwendung von verlängertem Zementmörtel im allgemeinen nicht grösser als 12 $^{kg/qcm}$, bei fettem Kalkmörtel nicht höher als 7 $^{kg/qcm}$ anzunehmen. Die Zugfestigkeit des Mauerwerks darf nicht in Rechnung gezogen werden. Im übrigen vergl. u. a. eine Abhandlung von Schlösser, Deutsche Bauztg. 1894, S. 198 ff, ferner Pietzsch: „Der Fabrikschornstein“, 1896 und G. Lang: „Der Schornsteinbau“, 1896, P. Bastine: „Berechnung und Bau hoher Schornsteine“, 1898.

Fabrik-Schornsteine stehen meist ganz frei und hängen mit dem Kesselhause nur durch den Rauchkanal, den „Fuchs“, zusammen. Soll ein Schornstein innerhalb des Kesselhauses oder mit dessen Mauern zusammenhängend erbaut werden, so ist derselbe früher aufzuführen, weil durch das ungleiche Setzen des Mauerwerks Risse entstehen würden. Auch wenn der Schornstein ganz frei steht, ist erst nach seiner und des Kesselhauses Fertigstellung der Fuchs zu erbauen oder, wenn zugleich hergestellt, ohne Verzahnung anzufügen.

Die Breite der Fundamentsohle des Schornsteins, welche letztere man gewöhnlich etwa um $^1/_8$ der Schornsteinhöhe unter Gelände verlegt, betrage $^1/_8$—$^1/_7$ der ganzen Höhe, so dass der gute Baugrund nur mit 0,75—1,5 ^{kg} auf 1 ^{qcm} belastet wird. Das erwähnte Kommissions-Gutachten lässt 2,5 $^{kg/qcm}$ als grösste Kantenpressung zu, es darf dabei aber kein Abheben an der Windseite stattfinden. Bei mangelhaftem Baugrund ist eine Betonschicht von 0,75 bis 1,25 ^{cm} Dicke, event. zwischen Spundwänden, oder ein Pfahlrost anzuwenden. Jede dieser Gründungen erfordert die grösste Sorgfalt; die Fundamentabsätze a (Fig. 84) sind schmal zu halten. Kalkstein-Fundamente müssen von dem Zuge der Feuergase so weit entfernt bleiben, dass kein allmähliches Brennen des Kalkes stattfinden kann; sie werden ausserdem durch schweflige Säure, die in den Feuergasen enthalten ist, stark angegriffen. Die Schornstein-Sohle liegt 0,60—0,80 ^{m} tiefer als die Sohle des Fuchses, um als Aschensammler zu dienen; sie muss durch eine seitliche Oeffnung im Schornstein-Sockel von wenigstens 60 ^{cm} Breite, die nach jedesmaligem Gebrauch wieder zuzumauern ist, gereinigt werden können, Fig. 85. Münden von zwei Seiten Füchse in den Schornstein, so ist die nothwendige Trennungswand nicht quer zu den Einmündungen, sondern in diagonaler Richtung zu ziehen, um den Anprall des Rauches zu mildern; dazu sind auch die Ecken des Mündungskanals zu runden.

Fig. 84.

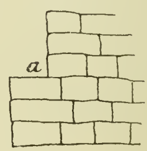
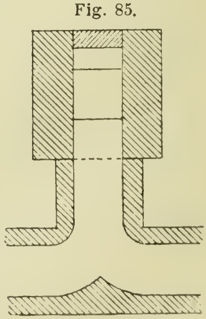


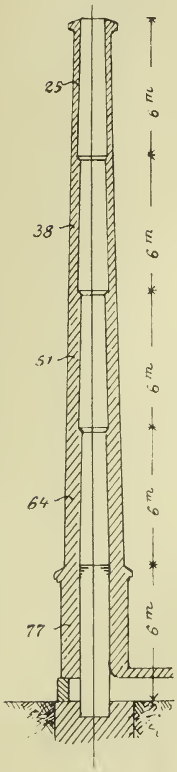
Fig. 85.



Der Sockel wird meist quadratisch angelegt mit d + 1 m als Seite und einer Höhe, die nicht grösser als unbedingt nöthig zu wählen ist; hierbei spielt auch die architektonische Formgebung eine Rolle.

Die obere Wandstärke bei runden und achteckigen Schornsteinen wird gewöhnlich zu 12 cm angenommen, sobald der Durchmesser geringer als 1 m ist, bei grösserem Durchmesser oder bei quadratischen Schornsteinen zu 25 cm (bei Verwendung von Formsteinen 15 cm, wenn d > 1,0 m, 20 cm, wenn d > 1,5 m). Diese Wandstärken nehmen bei runden Schornsteinen aus Formsteinen zu: auf je 5 m um 5 cm, bei solchen aus gewöhnlichen Ziegeln bei je 6—10 m um 12 cm oder 1/2 Stein. Der grossen Abkühlung der Rauchgase, sowie der leichten Zerstörung durch Witterungseinflüsse wegen ist aber anzurathen, der Mauer des obersten Geschosses eine Stärke von 25 cm zu geben. Die Höhe der einzelnen Absätze sei um so kleiner, je höher die Temperatur der Schornsteingase ist. Aus diesen Angaben ergiebt sich die äussere Schräge (Böschung) des Schornsteins.

Fig. 86.



Die Konstruktion eines gewöhnlichen Fabrik-Schornsteins geschieht nach Fig. 86 folgendermaassen: man theile die Höhe des Schornsteins als senkrechte Linie aufgetragen, hier z. B. = 30 m, in Geschosse von etwa 6 m, trage nach rechts und links von dieser Linie die halbe lichte Weite des Schornsteins ab und fange am oberen Ende mit 1/2 bezw. 1 Stein Stärke an. Alsdann mache man jedes tiefere Geschoss 1/2 Stein stärker und lege darnach den Umriss des Schornsteins fest. Der Uebergang aus der quadratischen Form des Sockels in die Rundung des oberen Schornsteins wird durch Auskragung der Ecken bewirkt, Fig. 87 a und b.

Fig. 88.



Fig. 89 a, b u. c.

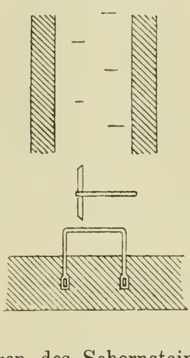
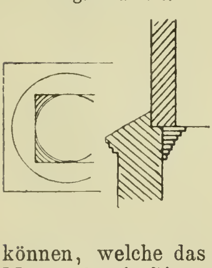


Fig. 87 a u. b.

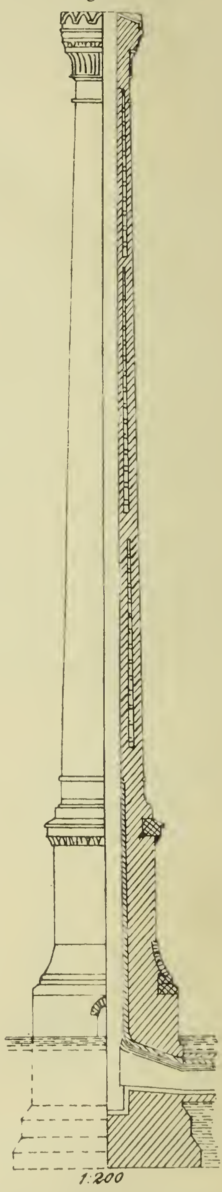


Der Vorsprung des Sockels bei dem Uebergang vom Viereck zum Kreis wird als Wasserschlag mit schrägem Ablauf gebildet, Fig. 87 b, und mit einer Rollschicht, mit besonderen Formsteinen, Fig. 88, oder mit überfalzten Schieferplatten abgedeckt. Zum Mauerwerk dürfen nur besonders gut gebrannte Ziegel benutzt werden. Dem Mörtel ist, behufs schnellerer Erhärtung, Zement oder auch etwas Trass zuzusetzen. Sonne und trocknende Winde befördern das Erhärten des Mörtels an der ihnen zugekehrten Seite, während derselbe an der abgekehrten Seite weich bleibt; dadurch wird der Schornstein leicht schief. Weil auch durch persönliche Eigenthümlichkeiten beim Mauern Unregelmässigkeiten vorkommen können, welche das Neigen des Schornsteins bewirken, müssen, wenn mehrere Maurer beschäftigt sind, diese ihren Standort öfter unter einander vertauschen.

Um den Schornstein besteigbar zu machen, werden im Inneren Steigeisen in Abständen von 50 cm eingemauert, Fig. 89 a, b und c. Bei sehr hohen Schornsteinen werden diese Steigeisen halbkreisförmig und so gross gemacht, dass ein Arbeiter, mit dem Rücken gegen die Wand gelehnt, sicher innerhalb derselben

zur Höhe aufsteigen kann. Anstatt der Steigeisen etwa durchgehende Anker anzubringen, ist wegen der mit der Erhitzung zunehmenden Länge derselben bedenklich. Muss eine Verankerung angewendet werden, so darf dieselbe nur aussen liegen und muss aus einzelnen Ringen bestehen, welche senkrechte Stangen, die ebenfalls aussen liegen, umschliessen; nur so kann das Eisen sich ausdehnen, ohne das Mauerwerk zu zerstören.

Fig. 91.

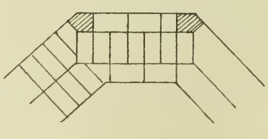


Runde Schornsteine mit geringem Durchmesser können nur mit Formsteinen, solche mit grösserem auch im Streckerverband mit gewöhnlichen Steinen aufgemauert werden; achteckige erhalten nur einen Formstein für die Ecken, der nach beiden Seiten hin gebraucht werden kann, Fig. 90. Des besseren Aussehens wegen erhält der Schornstein einen verzierten Kopf von Mauersteinen oder von mit kupfernen Klammern zusammengehaltenen Werksteinen, Granit oder Sandstein; der Kopf darf aber von nur geringer Ausladung sein, weil ein schweres Kapitäl das Schwanken des Schornsteins im Sturm begünstigt. Da die nach oben offenen Stossfugen durch die Witterungseinflüsse bald gelockert werden würden, ist es nothwendig, die obere Endigung mit gusseisernen, überfalzten und an Oesen zusammengeschraubten Platten abzudecken, deren Fugen mit einem Eisenkitt zu dichten sind; öfter wird auch ein schwerer, gusseiserner Hohlkörper, der aus mehreren Stücken zusammengesetzt ist, benutzt.

Die Mündung ist nach einem Winkel von etwa 30° abzuschrägen und alsdann ein zylindrisches Rohrstück von etwa 0,5 m Höhe aufzusetzen, welches verhüten soll, dass der Wind den Rauch in die Mündung zurück drücke. Auch im Inneren bleibt ein solcher Schornstein unverputzt.

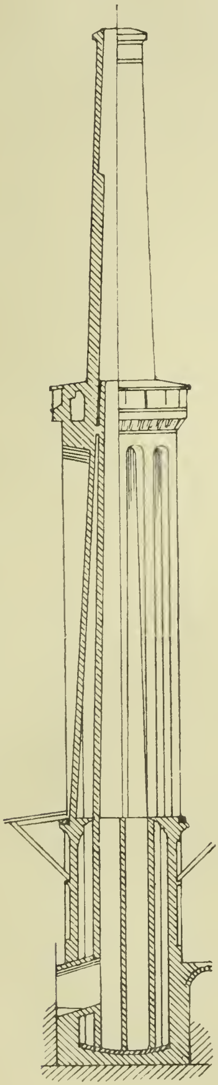
Werden durch Fabrik-Schornsteine sehr hoch erhitzte Gase abgeführt, so bilden sich infolge der Temperatur-Unterschiede zwischen innen und aussen leicht Risse. Abgesehen von einer Auskleidung mit Chamotte ist zum Ausgleich die Anwendung von schwachen Doppelmauern, mit Luftschicht dazwischen, zu empfehlen, wie sie nach Fig. 91 z. B. in einfachster Weise bei dem Schornstein des Maschinenhauses für den Bahnhof Friedrich-Strasse in Berlin zur Ausführung gekommen ist. Die Luftschicht schützt zugleich vor zu rascher Abkühlung der Rauchgase, doch ist zu empfehlen, sie oben und unten durch kleine Oeffnungen mit dem Schornstein-Inneren zu verbinden, weil sonst die eingeschlossene und stark erhitzte Luft infolge der Ausdehnung das Reissen des Mauerwerks verursachen könnte. Als Muster kann auch der Hoffmann'sche Ringofen-Schornstein hingestellt werden, welcher doppelte, meist nur ½ St. starke Mäntel, deren äusserer durch senkrechte Rippen verstärkt ist, besitzt. Der innere, ebenfalls ½ Stein starke Mantel wird je nach der im Schornstein herrschenden Temperatur 10—20 m hoch ausgeführt; da er der Hitze am meisten ausgesetzt ist, wird er mit vollkommen freier Bewegungsfähigkeit hergestellt, Fig. 92.

Fig. 90.



Die Aufmauerung erfolgt bis zu einer Höhe von 15—18 m von einem gewöhnlichen Stangengerüst aus, weiter, bei Schornsteinen von mindestens 60 cm Durchmesser, von innen „über Hand“. Die Schräge wird beim Mauern durch eine 2—2,5 m lange Schablone mit Bleiloth oder auch nur mit Libelle, welche besonders bei stürmischem Wetter anwendbar ist, geregelt; auf dem Brett sind auch die Schichtenhöhen anzugeben, Fig. 93.

Fig. 92.



Im Inneren muss auf einem abgezimmerten, auf der Sohle des Schornsteins solide befestigten Kreuze der Mittelpunkt unverrückbar markirt sein, welcher mittels eines von einem zweiten, oben befestigten Kreuze herabhängenden Lothes zur Arbeitsstelle „hinaufgelothet“ wird. Eine zweite Schablone kann man, nach Fig. 94 und 95 als abgestumpften Kegel herstellen, dessen Form mit der des Schornsteins übereinstimmt. Soll z. B. der Schornstein 40 m hoch werden bei einer Böschung von 0,80 m, so entspricht dem eine Verjüngung des Kegels von 2 m Länge um 4 cm. Der Kegel wird genau in seiner Axe durchbohrt und, mit der Basis nach oben, mithilfe dreier Stützen auf herausgekragten Steinen im Schornstein so befestigt, dass durch das Bohrloch ein Loth bis zur unten markirten Mitte des Schornsteins hinabreicht. Eiserne, die einzelnen Steinschichten angebende Stifte am Kegelmantel dienen einer Leier, Fig. 96, zur Unterlage, deren Ende *a* die Begrenzung des Schornsteinmantels und die radiale Richtung der Stossfugen der Steinschichten angiebt. — Ein anderes sehr einfaches Verfahren ist folgendes: die unteren Enden von vier Richtscheiten werden mittels Mauerhaken an dem frischen Mauerwerk lothrecht befestigt, so dass sie dessen obere Endigung um etwa 1,5 m frei überragen; am oberen Ende werden die Richtscheite mittels eines Lattenkreuzes mit aufgeschlitzten Enden gegen einander abgespreizt. Diese Schlitze sind an vorher

Fig. 93.



Fig. 94

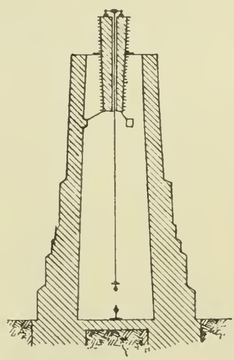


Fig. 95.

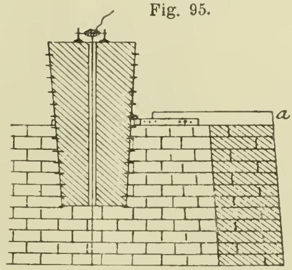
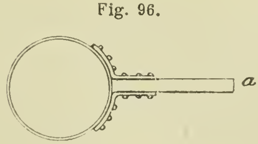


Fig. 96.



für die betr. Höhe berechneten Stellen durchlocht, so dass die Richtscheite mittels durchgesteckter Stifte fest mit den Latten verbunden werden können. Im Schnittpunkte des Lattenkreuzes ist zum Einstellen ein Loth befestigt. Ueber diesem Lattenkreuz liegt ein zweites, um eine Achse drehbares, durch welches die Rundung des Schornsteins mithilfe von vier herabhängenden Schnüren an jeder Stelle genau bestimmt werden kann, Fig. 97a u. b.

Noch einfacher dürfte die Vorrichtung sein, auf einem senkrecht befestigten, schmiedeisernen Gasrohre ein drehbares Lattenkreuz mit herabhängenden Schnüren anzubringen. Durch ein am oberen Ende und im Inneren des Rohres befestigtes Loth ist das Gasrohr stets genau in die Mittelaxe des Schornsteins zu stellen.

Das Arbeitsverfahren, die Materialien mithilfe eines Auslegers herauf zu ziehen, ist zu verwerfen, einmal deshalb, weil dabei die Aussenseite des Schornsteins

Fig. 97a u. b.

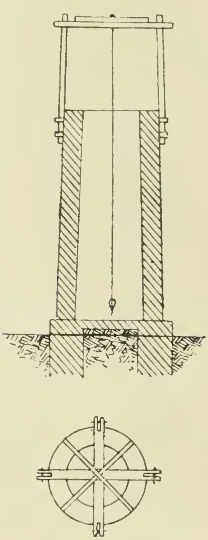


Fig. 98.

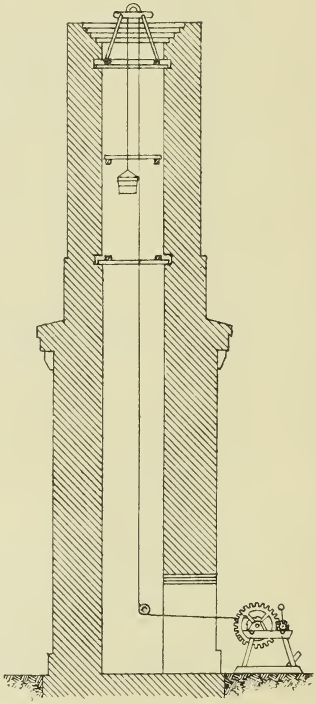


Fig. 99.



mit Mörtel bespritzt wird und später nur schwer mittels einer Hängerüstung gereinigt werden kann, dann aber insbesondere, weil dadurch sehr leicht eine Neigung des Schornsteins nach der belasteten Seite herbeigeführt wird. Besser ist es, die Materialien im Inneren mittels eines Flaschenzugs oder Klobens, der an einem auf der obersten Rüstung stehenden Bocke befestigt ist, sowie einer Winde hinauf zu befördern, Fig. 98. Die einzelnen Podeste der Rüstung im Inneren sind durch die früher beschriebenen Steigeisen mit einander verbunden.*)

Den Bau hoher Schornsteine darf man nur in Jahreszeiten ausführen, wo während mehrerer Wochen nach der Fertigstellung keine Störungen durch Stürme oder Kälte zu erwarten sind.

*) Vergl. über die Standfähigkeit von Dampfschornsteinen, ausser den schon S. 40 angegebenen Quellen, Deutsche Bauztg. 1876, S. 267 und Zeitschr. des Vereins Deutsch. Ing. 1874, S. 60 ff. sowie 1899, S. 925; ferner Zeitschr. d. Arch.. u. Ing.-Vereins zu Hannover, „Berechnung runder Schornsteine“ 1882 v. Keck, 1883 v. Mohr; schliesslich Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1901.

Alle Schornsteine sollten mit Blitzableitern versehen sein, an welche auch in der Nähe liegende Dampfkessel anzuschliessen sind.

Wenn ein Schornstein sich nach einer Seite geneigt hat, so kann man denselben auf dreierlei Weise wieder gerade richten: 1. durch allmähliche Beseitigung des Baugrundes unter der der Neigung entgegengesetzt liegenden Seite des Fundaments, 2. durch Heraussägen von Steinschichten oder Mörtelfugen an der konvexen Seite, 3. durch Ausbrechen des Mauerwerks und Einschiebung einiger schwächerer Schichten. Die Beseitigung des Baugrundes ist bei runden Fundamenten mittels des in Fig. 99 dargestellten Bohrers auszuführen, mit welchem unter dem Fundamente nach Aufgrabung der Baugrube von innen aus wagrecht und radial gerichtete Bohrlöcher herzustellen sind, die man enger und weiter neben einander anordnen kann.*)

Das Heraussägen von Steinschichten, oder meistens von Mörtelfugen, wird ausgeführt, wenn die Steine nicht zu hart sind oder der Mörtel noch nicht völlig erhärtet ist. Es ist dann gewöhnlich ein Loch durch die Schornsteinwand zu brechen, um die Säge durchstecken und von der Oeffnung aus nach rechts und links gleichmässig die Einschnitte herstellen zu können und zwar in verschiedenen Höhen so viele, bis der Schornstein seine senkrechte Stellung wieder angenommen hat.

Wenn der Mörtel bereits hart geworden, auch der Baustein sehr hart ist, so muss man einzelne Schichten abtheilungsweise herausbrechen und die Steine durch dünnere ersetzen. Die Dicke der Schicht muss von der Mitte aus nach rechts und links geringer werden; auch ist durch Einschieben von Holzkeilen das allmähliche Zurückgehen des Schornsteins in die senkrechte Richtung genau zu beobachten.**)

In neuerer Zeit werden hohe Schornsteine auch rund aus Zementbeton hergestellt, was sich bisher bewährt hat.

IX. Keller und deren Isolirung gegen Feuchtigkeit.

a. Kellerfenster.

Liegt die Decke des Kellers hoch genug über Strassengleiche, so bietet die Anlage der Kellerfenster keinerlei Schwierigkeiten; liegt sie in derselben Höhe mit jener oder tiefer, so muss man zur Anlage von Lichtschächten oder Lichtgräben seine Zuflucht nehmen, welche an der Strasse entweder mit Geländern zu umgeben oder mit eisernen Gittern abzudecken sind.

Damit einfallendes Regenwasser ablaufen kann, werden die äussere Fensterbank und die Sohle des Lichtschachtes schräg angelegt und durch die Mauer des Lichtschachtes eine oder mehrere Thonröhren gesteckt, deren Mündungen mit Steinschlag oder Kies zu umgeben sind, um das Versickern des Regenwassers im Erdreich zu erleichtern, Fig. 100a und b. Da der Erdboden durch das Grundgraben in unmittelbarer Nähe der Umfassungsmauern stets aufgelockert ist und die Lichtschächte gewöhnlich erst später, nach Vollendung des Rohbaues aufgemauert werden, sinken dieselben immer etwas ein und trennen sich vom Gebäude, wenn man nicht die Vorsicht gebraucht hat, sie ebenso tief wie letzteres zu gründen. Um solche tiefen Fundamente zu vermeiden, kann man in vielen Fällen auf einem Fundamentabsatz des Gebäudes Konsolen zu beiden Seiten des Kellerfensters auskragen, diese durch einen Gurtbogen mit Verankerung verbinden und darauf den Lichtschacht sicher aufmauern, Fig. 101a und b. Oben, in Strassengleiche, ist derselbe mit einer Rollschicht oder einem Hausteinkranz abzudecken. Wo Werksteine billig sind, kann man den Gurtbogen und zugleich den schrägen Boden des Lichtschachtes durch ein durch die beiden Konsolen unterstütztes Werkstück ersetzen, welches ähnlich einer Sohlbank zu gestalten ist. Auf diesem bauen sich dann die beiden Wangen und die Vorderwand des Lichtschachtes auf.

---

*) Zeitschr. f. Bauw., Jahrg. 1867, S. 227.

**) Zeitschr. f. Bauw., Jahrg. 1869, S. 370.

b. Kellereingänge.

Gegen das Eindringen von Schnee und Regen sind die Kellereingänge durch die sogen. Kellerhälse zu schützen, welche — gemäss polizeilicher Vorschriften — gewöhnlich nur wenig über die Gebäudeflucht vorspringen dürfen. Die Kellertreppen müssen bei der Raumenge meist ausserordentlich steil, mit einer Steigung von 20—22 cm, angelegt werden. Die lichte Höhe des Eingangs muss am niedrigsten Punkte mindestens 1,50 m betragen, Fig. 102 a und b. Nach Höfen hinaus ist man mit dem Kellerhals-Vorbau nicht beschränkt, weshalb hier die Höhe nicht unter 1,90 m angenommen zu werden pflegt. Die Thüren schlagen stets nach Innen auf. Wie die von aussen zu betretenden

Fig. 100 a u. b.

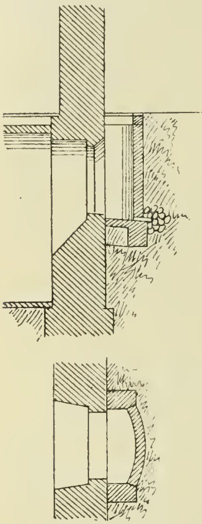


Fig. 101 a u. b.

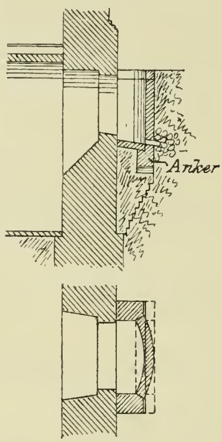
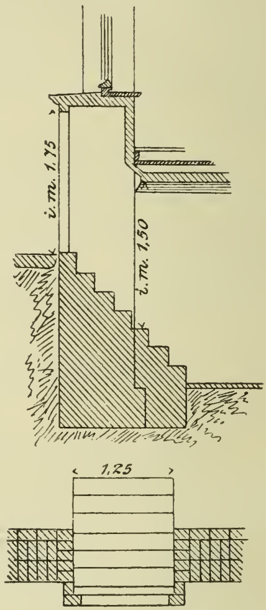


Fig. 102 a u. b.



Kellereingänge, so sind auch die im Inneren der Gebäude anzulegenden zu gestalten, die z. B. aus Vorhallen oder Durchfahrten nach Hausmeister-Wohnungen führen.

c. Schutz gegen seitlichen Zutritt von Feuchtigkeit.

Auch wenn ein Gebäude keine Keller hat, müssen sämmtliche Mauern gegen das Aufsteigen der Grundfeuchtigkeit durch Isolirungen geschützt werden, welche man am häufigsten durch eine mindestens 1 cm starke Lage von Gussasphalt herstellt, gemischt aus 5 Gewichtstheilen Asphaltmastix, $^1/_2$ bis 1 Gew.-Th. Goudron und 2 Gew.-Th. Sand. Die Masse darf nicht so weich sein, dass sie später nach vollständiger Belastung durch Mauerwerk und Decken aus der Fuge hervorquellen könnte, jedoch auch nicht so spröde, dass sie beim Erhärten springt; ersteres kann übrigens auch da eintreten, wo sie der unmittelbaren Einwirkung heisser Sonnenstrahlen ausgesetzt ist. Auch Isolirplatten, dicker Filz mit Asphaltpräparaten getränkt, kommen vielfach zur Anwendung, haben sich gut bewährt und vor dem Gussasphalt den Vorzug, dass die Herstellung der Isolirschicht nicht, wie bei jenem, von Witterungsverhältnissen abhängig ist.

Oefter wird als Isolirmittel auch eine Schicht fetten Zementmörtels zwischen zwei Steinschichten eingebettet, oder eine Isolirschicht aus ein paar Lagen gut gebrannter Dachsteine, die in fetten Zementmörtel verlegt werden, hergestellt; auf die Wirkung dieses Mittels ist indess kein allzu grosser Verlass.

Man kann ferner sogen. Asphalt-Isolirpappe, mehrfache Lagen von Dachpappe oder Dachfilz, 3—6 mm starkes Glas in ein Kalkmörtelbett (gesiebter Sand!) gelegt und mit Kitt gedichtet, Walzblei mit 8 cm breiter Ueberdeckung oder Siebel'sche Patent-Bleiisolirung, papierdünnes Walzblei mittels Asphaltmasse zwischen zwei Papierlagen geklebt, verwenden.

Wo zu befürchten ist, dass Mauern durch in der Nähe liegende Heizvorrichtungen, Backöfen usw. stark erhitzt werden, muss man ein Isolirmittel wählen, welches dadurch nicht in seiner Wirksamkeit beeinträchtigt wird. Allerdings werden meistens an solchen Stellen die Mauern schon infolge der starken Verdunstung der aufsteigenden Feuchtigkeit trocken bleiben.

Die Isolirschicht ist, sofern kein massiver Fussboden vorhanden ist, in Höhe der Unterkante der Lagerhölzer und bei nicht unterkellerten Gebäuden 1—2 Ziegelschichten hoch über Geländehöhe, bei massivem Fussboden über dessen Oberkante anzuordnen. Bruch- oder Feldstein-Fundamente werden erst durch zwei in verlängerten Zementmörtel verlegte Ziegelflachschichten abgeglichen, welche dann die Asphaltschicht oder das sonstige Isolirmittel aufzunehmen haben.

Damit das Traufwasser der Gesimse nicht den Erdboden in der Nähe des Mauerwerks durchtränke und letzteres besonders feucht mache, ist die Anlegung eines sogen. Traufpflasters anzurathen, welches das Gebäude in einer Breite von etwa 65 cm bis 1 m, der Ausladung der Gesimse entsprechend, umgiebt und das ablaufende Wasser in gepflasterte Rinnen abführt; die Fugen des Traufpflasters müssen mit Zementmörtel oder Asphalt ausgegossen werden.

Fig. 103.

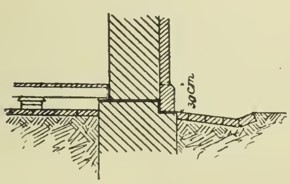


Fig. 103 zeigt, wie bei einem Gebäude ohne Keller mit Sockel aus Granit bei der Isolirung zu verfahren ist.

Gegen das Eindringen des Spritzwassers sind die Plinthen entweder durch Bekleidung mit guten Klinkern, Granitquadern, oder durch Zementputz mit Oelfarbenanstrich zu sichern. Alle stark porösen Steine, wie die meisten Sandsteine usw., eignen sich zur Plinthenbekleidung nicht. Aus dem vom Gebäude bedeckten Geländestück ist aller Mutterboden sorgfältig zu entfernen, da derselbe den sogen. Mauerfrass, wie auch Hausschwamm hervorrufen, bezw. die Ausbreitung dieser Krankheit des Gebäudes befördern kann. Anstatt des Mutterbodens ist Sand- oder Lehmboden einzubringen. Hiernach müssen derartige Auffüllungen durch eine Flachschicht in Kalkmörtel, durch eine Einstampfung von Ziegelschotter mit einem Mörtelguss, oder noch besser durch eine Zementbetonschicht abgedeckt werden.

Es seien hier einige Worte über den sogen. Mauerfrass eingeschaltet. Derselbe entsteht meistens, wenn organische Stoffe enthaltender Erdboden mit dem Mauerwerk in Verbindung kommt, dann aber auch, wenn zur Herstellung desselben Materialien benutzt wurden, welche die Salzbildung befördernde Bestandtheile enthalten. Feuchtigkeit begünstigt die Bildung des Mauerfrasses. Unter den den Mauerfrass erzeugenden Salzen ist zunächst der salpetersaure Kalk zu nennen. Derselbe entsteht durch den bei Verwesung organischer Stoffe sich bildenden Stickstoff nebst Ammoniak, welche sich unter Einwirkung des Sauerstoffes der Luft in Salpetersäure verwandeln, die sich dann mit der Kalkerde des Mörtels zu salpetersaurem Kalk verbindet. Dieser blüht in sechsseitigen Nadeln aus, die begierig Feuchtigkeit aufnehmen, zerfliessen und die Feuchtigkeit dem Mauerwerk mittheilen, welches dadurch, noch mehr aber dann durch Frost, zerstört wird.

Ist Kochsalz vorhanden, so zersetzt sich dieses durch den Kalk in Chlorcalcium und kohlensaures Natron. Letzteres blüht auch in Nadeln aus, ist aber ziemlich unschädlich, während Chlorcalcium als weisse schleimige Flüssigkeit die Mauer überzieht, durch seine hygroskopischen Eigenschaften die Feuchtigkeit anzieht und dadurch Steine und Putz schädigt. Enthalten die Baumaterialien Schwefelkies, so bildet sich durch Zersetzung desselben Schwefelsäure, welche

wieder eine Zersetzung des Kochsalzes in schwefelsaures Natron herbeiführt. Andere seltener auftretende Zerstörungen sind durch schwefelsaure Magnesia (Bittersalz) oder schwefelsaures Eisen (gleichfalls durch Zersetzung von Schwefelkies) hervorgerufen.

Zur Unterstützung hölzerner Fussbodenlager dienen meist kleine aufgemauerte Pfeiler aus Ziegelstein, die mit Dachpappe, Isolirpappe oder Gussasphalt abgedeckt werden, um sie vom Holzwerk zu trennen, Fig. 103. Der hohle Raum unter der Dielung wird am besten mit einer Rauchröhre, Fig. 104, oder einer, im Anschluss an einen Kachelofen an dessen Rückseite senkrecht aufgemauerten, etwa 10 cm weiten Röhre in Verbindung gesetzt, Fig. 105, und für Luftumlauf durch kleine, mit durchlochten Blechplatten und Schiebern geschützte Oeffnungen in der Aussenwand oder auch im Fussboden gesorgt; die Anbringung der Oeffnungen im Fussboden ist weniger zu empfehlen, weil dabei höher erwärmte Luft unter den Fussboden geführt wird, die hier abkühlt und einen entsprechenden Theil ihrer Feuchtigkeit abgiebt, allerdings aber auch die Erwärmung des Fussbodens bewirkt. Günstig wird noch ein Anstrich der Lagerhölzer und der Unterseiten des Fussbodens mit Kreosotöl oder Karbolineum sein. Vom Mauerwerk sind die Hirnenden der Lagerhölzer mindestens 2,5 cm, die Flachseiten 5 cm entfernt zu halten.

Die Anordnungen sind dieselben, wie eben angegeben, wenn der hölzerne Fussboden, anstatt über Erdboden, über Wölbungen liegt.

Auch hölzerne Schwellen der Fachwerksbauten sind in entsprechender Weise gegen die aufsteigende Bodenfeuchtigkeit zu sichern.

Fig. 104.

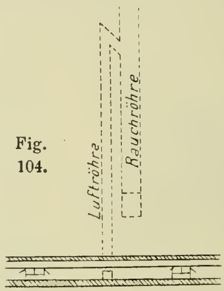
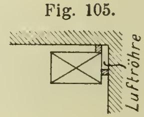


Fig. 105.



Ist ein Gebäude unterkellert, so sind entweder nur die Umfassungsmauern gegen das seitliche Eindringen der Feuchtigkeit, oder die Räume selbst gegen das aufsteigende Grundwasser zu schützen. Ersteres geschieht in sicherster Weise durch Anlage senkrechter Luftschichten von 4—5 cm Weite in den Mauern, welche von Höhe der Asphaltschicht bis mindestens zur Geländehöhe hinauf reichen müssen. Diese Luftschichten werden, wenn die Umfassungsmauern aus Ziegeln bestehen, nach der Aussenseite gelegt, so dass sie von dem Erdreich nur durch eine $^1/_2$ Stein, bei nassem Boden 1 Stein starke Mauer, aus Klinkern in verlängertem Zementmörtel gemauert, getrennt sind, Fig. 106 und 107. Bestehen die Kellermauern aus Bruchsteinen, so ist die Luftschicht mit $^1/_2$ Stein starken Trennungsmauern an die Innenseite zu rücken, Fig. 108, desgleichen bei an Nachbargrundstücke anstossenden, aus Ziegeln aufgeführten Kellermauern, Fig. 109. Stets sind aber die Luftschichten so anzuordnen, dass sie ausserhalb der Flucht des Erdgeschoss-Mauerwerks liegen. Die Trennungsmauern sind mit den Aussenmauern durch in Goudron getauchte Bindersteine in Zementmörtel oder die in Fig. 27a u. b dargestellten Drahtschleifen zu verbinden. Die Aussenflächen des im Erdboden liegenden Keller-Mauerwerks sollen glatt gefugt und, nachdem das Mauerwerk gut getrocknet ist, zweimal mit heissem Goudron gestrichen werden; einen unbedingten Schutz gewährt jedoch dieser Anstrich ebenso wenig, wie ein Abputz mit Zementmörtel. Bei sehr nassem Boden empfiehlt es sich auch, eine 30—50 cm starke Schicht von fettem Thon vor der Mauer einzubringen und das sich dann ansammelnde Wasser durch einzelne Drainrohrstränge nach einer Zisterne, einem Brunnen, Kanal usw. abzuführen, Fig. 107. Weil bei aller Vorsicht beim Aufmauern der Luftschicht doch leicht etwas Mörtel hinein fällt, der die Feuchtigkeit von aussen auf die Kellermauern übertragen würde, weil ferner herab tropfendes Schwitz-Wasser sich auf der Sohle ansammeln kann, ist es gut, mit der Luftschicht schon ein wenig unter der Asphalt-Isolirschicht zu beginnen, dieselbe auch seitwärts durch kleine Kanäle in Drainröhren zu entwässern, sobald nicht die Gefahr vorhanden ist, dass Wasser durch Rückstau in die Luftschicht eingeführt werde, Fig. 106.

Ausserdem sind die Luftschichten einerseits durch kleine, vergitterte, im Inneren der Wohnräume auch mit Absperrschiebern versehene Kanäle mit dem Keller, andererseits durch solche, meist in den Fensterlaibungen endigende und hier vergitterte Kanäle mit der Aussenluft zu verbinden, damit durch Erzeugung eines Luftstromes das Austrocknen des Kellermauerwerks befördert und die Bildung von Niederschlägen verhütet wird.

Fensterbrüstungen von geringerer Mauerstärke als 38 cm müssen stets mit Luftschicht angelegt werden, weil sonst die Feuchtigkeit an dieser Stelle durchschlägt uud die Tapeten vermodern, Fig. 107.

Die bei Wohnräumen durch eine Betonirung oder eine Asphaltschicht gegen das Aufsteigen von Dünsten gedichtete Kellersohle muss mindestens 30 cm

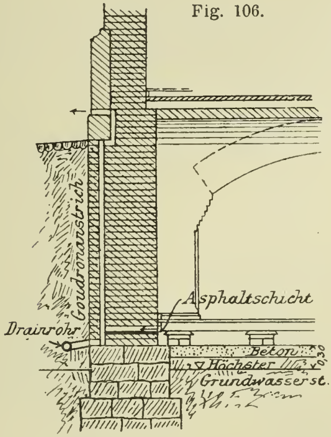


Fig. 106.

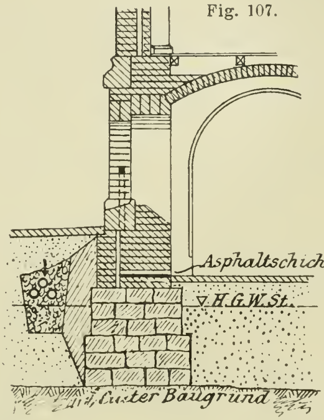


Fig. 107.

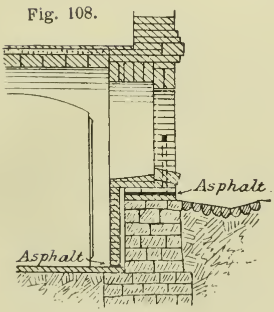


Fig. 108.

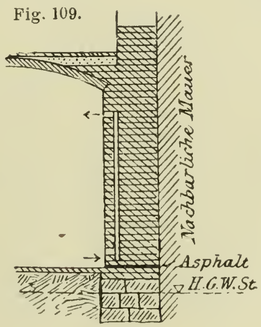


Fig. 109.

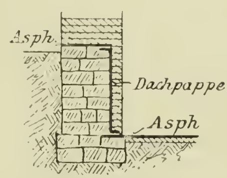


Fig. 110.

über dem höchsten bekannten Grundwasserstande liegen. Für das Eindringen von schädlichen Dünsten ist die Zeit, während der das Grundwasser steigt, am gefährlichsten, weil jene von letzterem dann aus den Poren des Erdbodens, wo sie sich bildeten, verdrängt werden. Auch der Eintritt des Leuchtgases, welches aus schadhaften, in den Strassen liegenden Röhren ausströmt, wird durch jene Asphaltschicht grösstentheils verhindert.

Das Bekleiden der Mauern mit Hohl- oder Lochsteinen zur Erzielung trockener Wände nützt zu diesem Zwecke wenig. Eher ist noch eine Isolirung mittels Dach- oder Isolirpappe zu empfehlen, wie sie bei den Bauten der Universitäts-Institute in Halle angewendet worden ist und welche nur 1,25 M. für 1 qm gekostet haben soll. Auf dem Bankett wurde an der Innenseite ein etwa

18 cm breiter Streifen mit 15 mm starker Asphaltschicht überzogen, Fig. 110. Darauf wurde das Fundament bis zur Plinthe in Bruchsteinen 13 cm schwächer als die beabsichtigte Mauerstärke ausgeführt und die rauhe Innenfläche desselben durch einen Rapputz aus Zementmörtel etwas abgeglichen. Nachdem dieser äusserlich trocken geworden, wurde er mit heissem Goudron gestrichen und auf diesen Dachpappe in senkrechten Bahnen mit handbreiter Ueberdeckung an den Rändern geklebt. Dieselbe legte sich unten auf den Asphaltstreifen, wurde oben über den Rand umgebogen und dort in ganzer Breite des Bruchstein-Mauerwerks durch eine Asphaltschicht gedeckt. Nachdem noch die Fugen der Dachpappe mit Holzzement und Papierstreifen gedichtet waren, wurde die Isolirung nach innen $^1/_2$ Stein stark verblendet und die Mauer oben in voller Stärke weiter geführt.

Sicherer als diese Isolirung würde wohl eine senkrechte Asphaltschicht von 1 cm Stärke wirken; doch lassen sich solche senkrechten Schichten bei grösserer Ausdehnung nur schwer an den noch nicht völlig ausgetrockneten Grundmauern anbringen.

Fig. 112b.

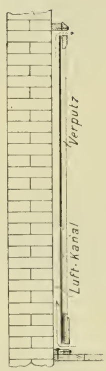


Fig. 111.

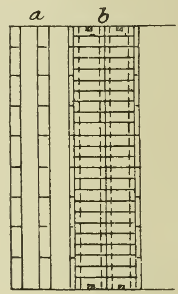
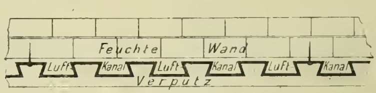


Fig. 112a.



Grosse Schwierigkeiten bereitet die Trockenlegung alter, schlecht isolirter Keller- und Erdgeschoss-Mauern, in welche Nässe von unten herauf eingedrungen ist; hierfür sind allerhand Mittel angepriesen, wie z. B. ein Anstrich mit heissem Colophonium und verschiedenen Theerpräparaten nach oberflächlicher Austrocknung der Mauer, auch wohl Zementabputz, Bekleidung mit Walzblei, Anstriche mit Silikaten usw., welche alle theuer sind, auf die Dauer aber gewöhnlich nichts nützen. Vielleicht wäre ein aus Bleiglätte, Ziegelmehl und Leinöl bereiteter Abputz noch am empfehlenswerthesten. Folgende Mittel allein wirken durchschlagend; welches derselben anzuwenden, ist im Einzelfalle zu erwägen.

Bei einer feuchten Wand ist der Putz zu entfernen, und, wenn es zulässig ist, den Raum ein wenig zu verengen, nur der Fugenmörtel auszukratzen. Die Wand ist darauf künstlich möglichst gut auszutrocknen und mit Goudron zu streichen. Mittels Zementmörtels sind alsdann senkrechte Dachsteinstreifen, in Entfernungen gleich einer Dachsteinlänge von Mitte zu Mitte, anzusetzen und darüber wagrechte Dachsteinlagen so anzubringen, dass eine glatte Wandfläche entsteht, welche schliesslich mit verlängertem Zementmörtel geputzt wird, Fig. 111. Zwischen den senkrechten Dachsteinstreifen ergeben sich auf diese Weise Hohlräume — Luftschichten — in welchen durch unten und oben angebrachte, kleine, vergitterte Oeffnungen ein Luftstrom unterhalten wird, der die Trockenhaltung der äusseren Dachsteinschicht bewirkt. Sollte eine Verengung des Raumes nicht statthaft sein, so muss die feuchte Mauer etwa 4 cm tief abgestemmt werden. Statt der Dachsteine können auch Glasplatten verwendet werden; doch ist das Anhaften derselben am Putz mangelhaft. In neuerer Zeit bekleidet man die Wände auch mit Falzpappe. Das Verfahren ist durch Fig. 112a u. b erläutert. Nachdem der nasse Putz entfernt, die Wand getrocknet und mit Goudron gestrichen ist, wird die Falzpappe so angenagelt, dass sich kleine, lothrecht stehende Luftkanäle bilden, die mittels einer durchlochten Fuss- und Deckenleiste mit der Zimmerluft in Verbindung stehen. Die Falzpappe wird dann geputzt. Bilden sich auf einer kalten Wand feuchte Niederschläge, ohne dass die Wand an und für sich nass ist, so empfiehlt sich die Bekleidung derselben mit dünnen imprägnirten Korkplatten, welche den Putz gut festhalten und eine Isolirung des Mauerwerks von der Innenluft bewirken.

Ist das Mauerwerk und auch der Fussboden völlig durchnässt, so muss man zunächst das feuchte Erdreich durch Anlage von Lufträumen rings um das Gebäude von der unmittelbaren Berührung mit den Kellermauern abzuhalten suchen. Dies kann nach Fig. 113 durch Herstellung fortlaufender Bögen, nach Fig. 114a u. b durch eine Anlage wie bei den gewöhnlichen Lichtschächten, oder nach Fig. 115 durch Hinzufügung eines vollständigen, mittels einer Futtermauer hergestellten Isolirgrabens erreicht werden. Die Luftschicht bei der Isolirung nach Fig. 113 ist selbstverständlich mit der Aussenluft durch Kanäle in Verbindung zu bringen, was man bei den Anordnungen Fig. 114a u. b und 115 leichter mittels eiserner Abdeckungsgitter bewerkstelligen kann. Dass das Einbinden der Steine, Fig. 113 und 115, in das alte Mauerwerk mit allen früher angegebenen Vorsichtsmaassregeln geschehen muss, versteht sich von selbst. In dasselbe sind, um das Austrocknen zu befördern, Luftöffnungen *c* zu stemmen, Fenster und Thüren zu demselben Zweck möglichst offen zu halten. Der durchnässte Fussboden ist zu entfernen und durch eine trockene Kiesschüttung nebst Abpflasterung zu ersetzen, ebenso der Mörtel an den nassen Wänden, deren Fugen tief auszukratzen sind. Etwa schadhafte Pflasterungen rings um das Haus sind aufzunehmen und zu erneuern, wobei für guten und schnellen Abfluss des Trauf- und Regenwassers zu sorgen ist. Schliesslich ist im Kellerfussboden ein Netz von Drainröhren mit möglichst grossem Gefälle, mindestens 2 cm auf 1 m, gegebenenfalls auch rings um das Gebäude

Fig. 113.

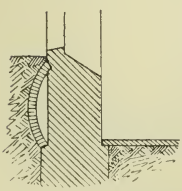


Fig. 114a u. b.

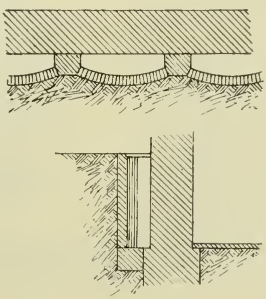
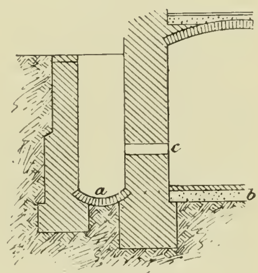


Fig. 115.



herum, etwa 0,45 cm unter Oberkante des Fussbodens und in der Entfernung von etwa 25—30 cm zu legen. Die Röhren werden 4 cm weit genommen; sie werden an Sammeldrains von 8 cm Weite angeschlossen, welche das Wasser an Zisternen, Brunnen oder Kanäle abgeben. Diese Drainröhren sind jedoch leicht Verstopfungen ausgesetzt: in der Nähe von — besonders frischem — Mauerwerk durch Niederschläge von kohlensaurem Kalk, in der Nähe von Bäumen und Sträuchern durch deren Wurzeln, welche in sie hineinwachsen und sie völlig ausfüllen. Weite Röhren verstopfen sich leichter als enge, weil bei letzteren das schneller fliessende Wasser Ablagerungen verhindert. Jedenfalls ist es praktisch, sich durch Einsteigeschächte die Möglichkeit zu wahren, hin und wieder die gute Wirksamkeit der Drainage untersuchen zu können. Wenn in der Tiefe, in der die Drainrohre liegen, sich fetter, wenig durchlässiger Boden findet, so empfiehlt es sich, um genügende Vorfluth zu erzielen, die Drains in eine Schüttung von Steinschotter einzubetten, welche stark drainirend wirkt. Bei dieser Ausführungsweise ist ein geringeres als das oben angegebene Gefälle der Drains ausreichend.

d. Schutz gegen Zutritt von Grundwasser.

Um einen wirksamen Schutz gegen Grundwasser zu erzielen, ist sehr sorgfältige Arbeit Voraussetzung. Zunächst müssen die Umfassungsmauern seitlich zutretendes Wasser zurück halten. Sie werden deshalb aus einem möglichst wenig Feuchtigkeit annehmenden Stein, also am besten aus Ziegeln oder Klinkern von besonderer Dichtigkeit in Zementmörtel aufgemauert, wobei darauf zu halten

ist, dass alle Fugen mit Mörtel gut gefüllt werden. Die Hinterfüllung mit einer 30—50 cm starken Schicht von fettem Thon wird sehr vortheilhaft sein. Ferner kann man, wie in Fig. 116 dargestellt, eine senkrechte Asphaltlage anbringen und sie im Inneren mit einer 12 cm starken Schicht von Klinkern in Zementmörtel verblenden, damit durch diese das Ablösen des Asphalts vom Fundamentmauerwerk verhindert werde. Den Asphalt kann allenfalls auch eine doppelte Dachsteinschicht in fettem Zementmörtel oder auch Isolirpappe ersetzen, wenn nur für sorgfältige Dichtung der Stösse gesorgt wird. Endlich wird auch empfohlen, Luftschichten im Mauerwerk etwa 5 cm stark auszusparen und diese mit fettem Zementmörtel auszugiessen, ein Mittel, welches aber nicht ganz zuverlässig erscheint, theils weil Sand und Zement sich leicht sondern — wobei der Sand nach unten sinkt — theils weil hohle Räume bestehen bleiben können.

Bei Innenmauern bleibt nur das Aufsteigen des Grundwassers in solchen selbst zu verhindern, was durch Einlegen einer wagrechten Isolirschicht im Anschluss an die Isolirschicht des Fussbodens geschieht. Wendet man eine Betonirung der ganzen überbauten Fläche mit einer darauf liegenden Asphaltschicht an, so ist es nothwendig, der Betonlage eine so grosse Stärke zu geben, dass bei ungleichmässiger Belastung nicht ein Bruch eintritt, der den erwarteten Erfolg vernichten würde, vergl. hierzu auch Abschnitt XI, g, δ. Einheitlichkeit der Betonplatte ist unbedingte Voraussetzung für den Erfolg; die Einlegung selbst einer sehr starken Sohle aus Beton in einzelne Räume des Kellers gewährt keine Sicherheit gegen Grundwasserzutritt, weil dieses durch die nie dicht werdenden Anschlüsse an Umfassungs- und Scheidemauern leicht seinen Weg findet.

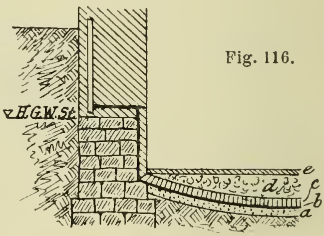


Fig. 116.

Kann man bei der Herstellung eines wasserdichten Kellerfussbodens infolge niedrigen Grundwasserstandes oder Auspumpens desselben, welches aber bis zur völligen Erhärtung des zur Dichtung benutzten Zementmörtels fortgesetzt werden muss, im Trocknen arbeiten, so sind zunächst alle Pfeilerstellungen im Keller durch umgekehrte Gurtbögen unter einander zu verbinden. Darauf muss durch Einbringung einer etwa 12 cm starken Betonlage, oder durch eine Ziegel-Flachschicht die Lehre für ein umgekehrtes Gewölbe in Form von flachen preussischen oder böhmischen Kappen geschaffen werden, und es ist darüber, anschliessend an eine senkrechte Lage in den Umfassungsmauern, eine etwa 1,5 cm starke Schicht aus Gussasphalt oder Isolirpappe mit tadelloser Stossdichtung zu bringen. Damit diese durch den Auftrieb des Grundwassers nicht angehoben werde, ist auf dieselbe ein ½ Stein starkes Gewölbe in Ziegeln und verlängertem Zementmörtel oder wiederum eine Betonschicht zu legen, deren Höhlung mit Bauschutt (*d*) usw. ausgefüllt wird, um darauf endlich einen wagrechten Arbeitsboden von Ziegelpflaster oder Beton (*e*) anzuordnen, Fig. 116.

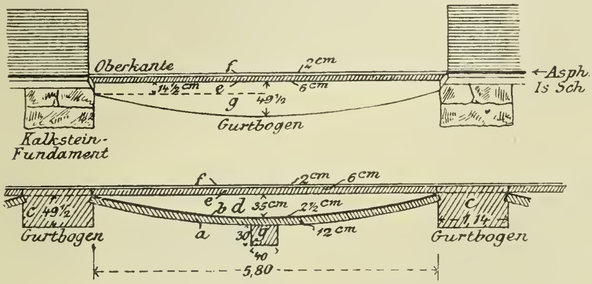
Weniger kostspielig ist die Dichtung in Beton- und Zementmörtel, wie sie in der Markthalle No. IV in Berlin ausgeführt worden ist, deren Kellerfussboden 94 cm unter dem höchsten Grundwasserstande liegt. Die Fläche des Fussbodens (3500 qm) wurde durch Gurtbögen *c* von 1,14 m Breite in einzelne Gewölbefelder zerlegt. Fig. 117a und b. Gegen jene spannen sich die Kappen *a*, welche, wie die Gurtbögen, aus schichtweise aufgebrachtem und festgestampftem Zementbeton in Stärke von 12 cm mit 35 cm Pfeilhöhe bestehen. Diese Gewölbe wurden mit einer 2,5 cm starken Zementmörtelschicht *b* überzogen, welche mit reinem, trockenem Zement geglättet worden ist, um alle Poren zu verschliessen.*) Die Höhlung der Gewölbe wurde mit Bauschutt und Ziegelschlag ausgefüllt und darauf der Arbeitsboden *e*, bestehend aus einer 6 cm starken Zementbetonschicht und einer Deckschicht *f* von 2 cm Stärke, in Zementmörtel aufgebracht. Ein kleines Fundament *g*

*) Das Glätten ist, um nicht den Erfolg infrage zu stellen, unter Anwendung von nur mässigem Druck zu bewirken.

unter dem Gewölbescheitel hat den Zweck, das Setzen oder Brechen des Gewölbes infolge Zurückgehens (Sinkens) des Grundwassers zu verhindern. An den Kellerwänden entlang wurde 1 m hoch ein 2 cm starker Zementputz angebracht.

Im Kellergeschoss der Maschinenfabrik von Nagel & Kaemp in Hamburg wurde im Jahre 1884 ein derartiger wasserdichter Zementbetonboden ausgeführt, der aber hier nicht nur gegen den 60 cm starken Auftrieb des Wassers Widerstand leisten, sondern auch als Lagerboden für schwere Maschinentheile eine grosse Tragtähigkeit erweisen sollte. Es wurden Gewölbe mit Verstärkungsrippen zwischen Gurtbögen (also nicht umgekehrte Gewölbe) angewendet, bestehend aus einem Beton aus 1 Th. Portland-Zement, 6 Th. Kiessand und 8 Th. Steinschlag, der einen Ueberzug von 1 Th. Portland-Zement zu $1^1/_2$ Th. Sand erhielt. Der Erfolg war ungeachtet des sehr wenig tragfähigen Untergrundes ein vollständiger.

Fig. 117 a u. b.



Nach der Monier-schen Bauweise wird statt des umgekehrten Gewölbes aus Beton, Fig. 118, eine bogenförmige, wasserdichte und erheblich dünnere Zement-Schicht mit Eisen-Einlage eingebracht, wozu ein Mörtel aus 1 Theil Zement und 1 Theil Sand verwendet wird. Die Höhlung wird mit einem Beton geringster Mischung ausgefüllt und darauf wieder ein Zementestrich als Arbeitsboden gelegt. Die Umfassungsmauern des Gebäudes sind gegen seitliches Eindringen des Grundwassers durch eine 20—25 cm starke Betonschicht geschützt.

Fig. 118.

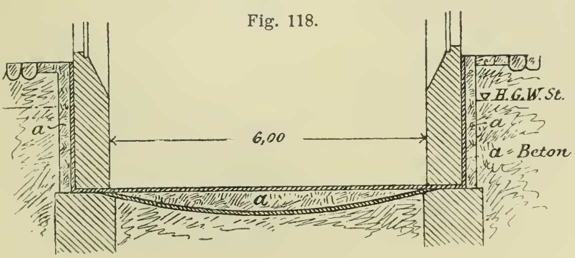
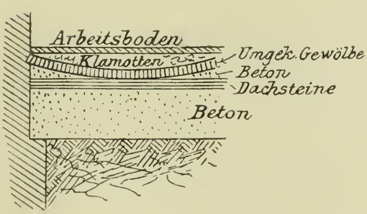


Fig. 119.



Muss die Ausführung im Wasser bewirkt werden, so empfiehlt sich die Schüttung einer Betonplatte von 0,75 bis 1 m und bei hohem Grundwasserstande von noch grösserer Stärke, welche über die ganze bebaute Fläche einheitlich fortreicht. Auf dem Rande dieser Platte kann dann ein bis über Grundwasserspiegel hoch geführter Fangedamm aus Beton geschüttet werden, der u. Umst. als Theil der Grundmauer zu benutzen ist (s. auch Fig. 171, S. 72). Wenn das nicht geschieht, werden die Fundamente in besonderer Stärke wasserdicht hoch geführt. Die Dichtung kann in solchem Falle, nach Fig. 119, auch durch eine 2- bis 3 fache Dachsteinlage, in fettem Zementmörtel verlegt, welche gegen den Auftrieb durch ein umgekehrtes Gewölbe zu schützen ist, beschafft werden. —

Durchlässige Stellen in Mauern und Fussböden lassen sich schwer dichten, selbst wenn der Wasserdruck nur gering ist. Auftragen eines Zementputzes, Bekleidung mit Dachsteinen in Zementmörtel, Ausstemmen des undichten Mauer-

werks und Erneuern desselben in tadelloser Weise sind Ausführungen, von welchen ein Erfolg nur erwartet werden darf, wenn sie mit ganz besonderer Sorgfalt und bei Abwesenheit von Wasserdruck bewirkt werden können.

Wenn die Mauern nur „schwitzen", kann man sie dadurch dicht bekommen, dass man eine Bretterwand in der Entfernung von 2 bis 3 cm parallel mit ihnen aufstellt, die Zwischenräume mit reinem, trockenem Zement füllt und diesen mit einem dünnen Brettstücke fest einstampft. Nach einigen Tagen kann die Bretterwand entfernt, das noch nicht abgebundene Zementpulver abgebürstet und die Stelle glatt geputzt werden.

Bei grossen Kellereien ist anzurathen, der Sohle und dem Fussboden nach einer bestimmten Stelle hin Gefälle zu geben und hier einen Sumpf oder eine Sammelgrube anzulegen, um das etwa von undichten Stellen zugeflossene Wasser ausschöpfen zu können. Das Pumpen muss aber mit grosser Vorsicht betrieben werden, um durch dasselbe nicht den Baugrund zu lockern, bezw. bereits fertig gestellten Bautheilen durch Fortschwemmen des Sandes die Unterstützung zu entziehen.

Fig. 120.

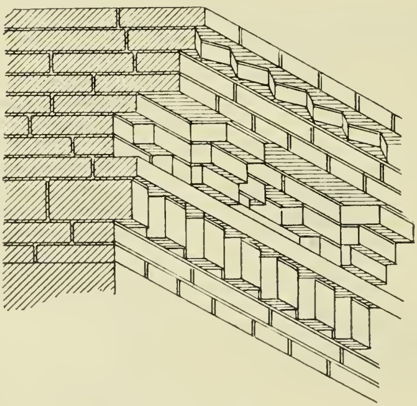
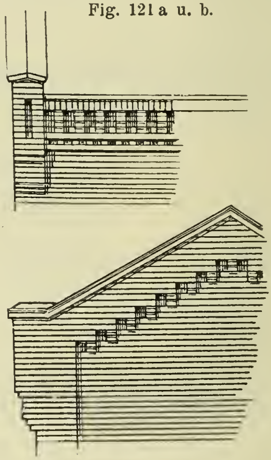


Fig. 121 a u. b.



X. Stein-Gesimse.

Massive Gesimse werden: 1. aus Ziegeln: a. in Rohbau, b. geputzt, 2. aus Terrakotten, 3. aus Werksteinen hergestellt. Ausserdem sind die Kunststein-Gesimse zu nennen, deren Glieder an den Stellen, wo sie möglichst wenig belasten sollen, ebenso wie die Terrakotta-Gesimstheile, hohl, sonst aber voll gestaltet, hergestellt werden.

Gesimse mit geringen Ausladungen, wie die Gurtgesimse und alle gothischen Gesimse, bieten keinerlei Schwierigkeiten in der Konstruktion, weshalb hier nur Hauptgesimse mit grösseren Ausladungen behandelt werden sollen. Gewöhnlich werden diese erst nach Aufstellung des Dachstuhles versetzt, weil sie das Aufbringen der langen und schweren Hölzer mittels des Richtebaumes zu sehr hindern würden und dabei auch leicht beschädigt werden könnten.

Alle Gesimse nebst den zugehörigen Drempelwänden sind mit einem hydraulischen Mörtel oder auch verlängertem Zementmörtel aufzumauern, um ihnen grössere Festigkeit zu geben.

a. Die gewöhnlichen Back- und Formstein-Gesimse bei Ziegel-Rohbau.

Die einzelnen Glieder der gewöhnlichen Backstein-Gesimse werden in der Weise vorgemauert, dass kein Stein derselben mehr als 12 cm vorspringt, weil er sonst eine ungenügende Unterstützung besitzen würde; weit vortretende Platten

sind daher nicht herstellbar. Darnach lassen sich derartige Gesimse durch Anbringung von treppenförmig angeordneten Konsolen, von flachseitigen und hochkantigen Zahnschnitten und Stromschichten, von lang durchgehenden, vortretenden Bändern, durch Bildung hinter die Mauerflucht zurücktretender vertiefter Felder, durch Wölbung kleiner Bögen über Konsolen, schliesslich durch Verwendung verschieden gefärbter Materialien in grösster Mannichfaltigkeit und Wirksamkeit herstellen, wobei nur die früher gegebenen Regeln über den Steinverband gehörig zu beachten sind. Fig. 120 beweist das Gesagte; es ist dabei aber zu bemerken, dass derartige grosse Gesimse sich nur bei frei stehenden Gebäuden, deren Dächer abgewalmt sind, an allen Seiten herumführen lassen. Bei mit gewöhnlichen Satteldächern bedeckten Gebäuden müssen solche Gesimse sich an starken, entweder konsolartig vorgekragten oder vom Fundament aus hoch geführten Eckpfeilern todtlaufen, während der Giebel durch treppenartig ansteigende Gesimse zu verzieren ist. Fig. 121a u. b zeigen diese Anordnung an einem ganz einfachen Beispiele. Die Formsteingesimse unterscheiden sich von den gewöhnlichen

Fig. 122.

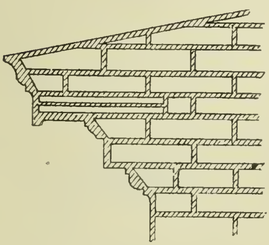


Fig. 123a u. b.

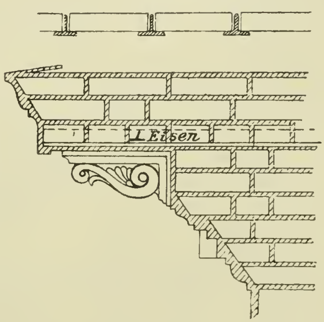
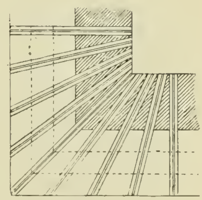


Fig. 124.



Backsteingesimsen nur dadurch, dass statt der einfachen Ziegel profilirte Steine, wie sie in Fig. 1 Seite 2 z. B. dargestellt sind, verwendet werden. Deren Abmessungen entsprechen vollständig denen der Ziegel, während ihnen die kastenartige, hohle Konstruktionsweise der Terrakotten fehlt.

b. Putz-Gesimse.

Kleinere Putzgesimse von $25-35^{cm}$ Ausladung werden in derselben Weise wie vorher, durch nicht über 12^{cm} weites Herausstrecken der einzelnen, der Umrisslinie entsprechend zugehauenen Ziegel aufgemauert, wobei noch zu beachten ist, dass der Schwerpunkt des ganzen Gesimses nicht über die vordere Mauerkante hinausragt. Man wird auch die vorgestreckten Steine immer erst am hinteren Theile genügend übermauern müssen, ehe man sie vorn durch weitere Ziegel belastet. Ist die Ausladung eine grössere, etwa $40-50^{cm}$, so dass die gewöhnliche Ziegellänge dafür nicht ausreicht, so werden einzelne Glieder, besonders die Hängeplatten, aus mehreren Lagen gewöhnlicher Dachsteine (Biberschwänze) gebildet, welche eine Länge von $36-40^{cm}$ haben, Fig. 122. Ehe diese Dachsteinschichten vorn belastet werden, sind sie hinten wieder einige Schichten hoch zu übermauern, damit das Ueberkippen verhindert wird. Solche Gesimse bedürfen einer Abdeckung aus Zinkblech zum Schutz gegen die Einwirkung der Witterung; leider aber zerstört der frische Aetzkalk bald auch das stärkste Zinkblech und es ist deshalb anzurathen, die zu schützende Fläche des Gesimses mit Holzkohlentheer zu bestreichen, oder besser mit Theer- oder Parafinpapier zu bekleiden, damit das Blech nicht in unmittelbare Berührung mit dem Kalk komme. Zement- und Gipsmörtel schaden ebenso dem Zinkblech.

Vergrössert sich die Ausladung der Gesimse über $45-50^{cm}$, so muss man zur Unterstützung durch Eisen greifen. Am einfachsten ist es, kleine ⊥ Eisen in Entfernungen von $26-27^{cm}$ von Mitte zu Mitte heraus zu strecken und zwischen

dieselben Backsteine so einzuschieben, dass dieselben auf den wagrechten Flanschen der Eisen ein sicheres Auflager finden. Sollten grössere Ziegelplatten zur Verfügung stehen, so vereinfacht sich die Konstruktion wesentlich, Fig. 123a und b. An den Ecken werden die ⊥ Eisen strahlenförmig angeordnet, Fig. 124. Hat die Drempelwand nicht die Stärke, um den ⊥ Eisen eine feste Lage zu gewähren, so kann man diese in einfachster Weise, wie später bei den Hausteingesimsen gezeigt werden wird, verankern. Die Untersichten der wagrechten Flansche der ⊥ Eisen werden mit Zementmörtel verputzt. Bei grösseren Gesimsen kann man zwischen die entsprechend weit liegenden ⊥ Eisen auch flache Kappen spannen, Fig. 125.

Sehr häufig wird die Hängeplatte nach Fig. 126a und b durch Flacheisenstäbe *a* von etwa 7^{mm} Stärke und $30-36^{mm}$ Breite unterstützt, welche wieder durch derartige Stäbe *b* getragen werden. Die Hängeplatte ist in diesem Beispiele als Rollschicht aufgemauert. Die Trägereisen *b* sind hochkantig in eine Fuge derselben eingelegt,

Fig. 126a.

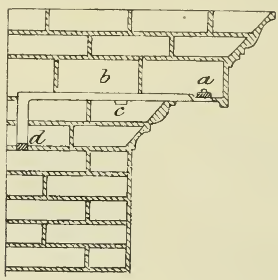


Fig. 125.



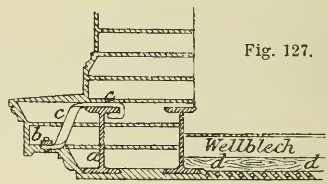
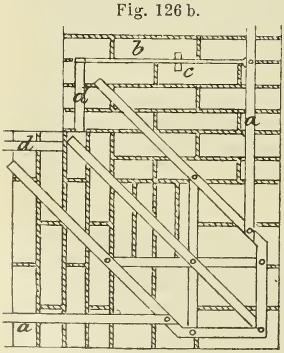


Fig. 127.

Fig. 126b.



vorn zum Tragen der Schiene *a* umgekröpft und mit dieser vernietet, hinten rechtwinklig umgebogen, so dass sie 2—3 Schichten tief hinabreichen und dann abermals rechtwinklig so gekrümmt, dass das entstehende, wagrecht liegende Ende *d* von dem darüber liegenden Mauerwerk belastet wird. Beim Drehpunkt liegt ein kleines Flacheisenstück *c*, um dem Anker ein recht festes Auflager zu geben. Weil an den Ecken die Anker nicht hochkantig eingelegt werden können, ist hier ein vollständiges Gitterwerk gebildet, welches alle Steine sicher unterstützt. Von einer Verbindung der Gesimsanker mit dem Holzwerk des Daches ist abzusehen, weil:

1. Balkenköpfe, besonders in der Dachbalkenlage, wo sie bei Undichtigkeit der Dacheindeckung und Unachtsamkeit oft durchnässt werden können, leicht faulen;

2. das Holzwerk stark schwindet, wodurch unberechenbare Zugspannungen in der Verankerung des Gesimses eintreten können, welche die Bildung von Rissen veranlassen würden;

3. durch Stürme, besonders während der Bauzeit, das Holzwerk des Daches, und somit durch Uebertragung mittels der Verankerung, das Gesims erheblich erschüttert werden kann, was bei der erst geringen Erhärtung des Mörtels sehr schädlich wirken muss;

4. endlich bei einem Brande der Anker bald seinen Halt verlieren und das Gesims herabstürzen wird.

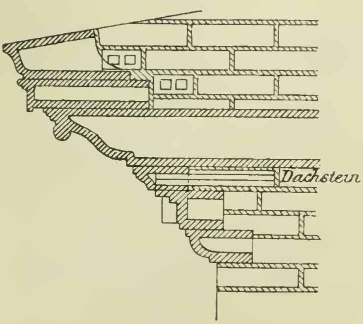
Zum Schluss sei hier noch der Befestigung der **Gurtgesimse** Erwähnung gethan, wie sie bei Erkervorbauten in der Höhe der diese stützenden, eisernen Träger gebräuchlich sind. Der das Unterglied bildende Stein *a*, Fig. 127, wird zunächst in Zementmörtel auf den unteren Flansch des I Eisens aufgelegt, wo er mit Hinzurechnung der Bindekraft des Mörtels ein sicheres Auflager findet;

die darüber liegenden beiden Schichten müssen jedoch auf dem Flacheisen *b* ruhen, welches seinerseits wieder durch die dreifach gebogene Schiene *c* in Abständen von etwa 50 cm unterstützt ist. Diese umfasst für gewöhnlich den oberen Flansch des äusseren Trägers nur hakenförmig, weil eine Verschraubung mit demselben schwerer ausführbar wäre. Der Zwischenraum zwischen den Trägern wird durch eingeklemmte Steine ausgefüllt. Darüber erfolgt dann die Ausführung der Erkermauern. In der Figur bezeichnen *d* Holzstäbe, die zur Befestigung des Putzes an der Wellblechdecke dienen.

c. Terrakotten-Gesimse.

Zu der Herstellung von Terrakotten gehört ausgezeichnetes Material und eine sehr sorgfältige Behandlung des Thones, welcher häufig Zusätze von alkalischen Erden, gemahlenen Thonscherben usw. erhält. Um ein Verziehen der Masse zu verhindern, ist es nothwendig, dem kastenartigen, hohlen Konstruktionstheile nach Art der Lochsteine gleiche Wandstärken von nur etwa 2,5—3 cm zu geben, auch bei grossen Stücken im Inneren Stege von Thonmasse anzubringen, welche die gegenüberstehenden Wandungen absteifen. Das Trocknen der frisch geformten Bautheile muss mit grösster Vorsicht geschehen, um das Rissigwerden des Thones zu verhindern. Das Formen erfolgt in Gipsformen, die manchmal aus mehreren, zusammenfügbaren Theilen bestehen, wonach noch, nach Entfernung der letzteren, ein Nachmodelliren vorzunehmen ist, um kleine Fehler und Unvollkommenheiten, vor allem die Gussnäthe zu entfernen. Damit sich die Formsteine beim Brande nicht werfen, werden sie in der Regel nicht über 50 cm lang gemacht; auch sind grosse Vorsichtsmaassregeln zu treffen und vorzügliche Oefen nöthig, damit die Färbung nach dem Brande nicht fleckig werde. Häufig werden sie deshalb mit dünnen Thonhüllen umgeben, damit die Flamme sie nicht unmittelbar treffen kann. Wegen der geringen Wandstärken der Formsteine sind die daraus hergestellten Gesimse sehr leicht. Die Konsolen tragen hierbei Hängeplatte und Sima und greifen tief in die Mauer ein. Dadurch, dass man in Untergliedern Dachsteine einmauert, Fig. 128, kann man eine noch grössere Ausladung oder grössere Haltbarkeit des Gesimses erzielen. Auf der Abschrägung des Sima-Steines werden längliche Löcher eingebrannt, um die Zinkblech-Abdeckung mittels Drahtes befestigen zu können. Zum Hintermauern der Gesimse, so weit sie über die vordere Drempelwandkante herausragen, nimmt man möglichst leichtes Material, also poröse Lochsteine usw., dagegen unmittelbar über der Drempelwand gewöhnliche Mauersteine.*)

Fig. 128.



Ist die Drempelwand zu schwach, um das Ueberkippen des Gesimses zu hindern, so kann man etwas, allerdings nur wenig, dadurch erreichen, dass man die Steine nach dem Dachraum zu vorkragt, um so ein Gegengewicht zu schaffen, wie das z. B. in Fig. 129 angegeben ist. Besser hilft aber eine Verankerung der Konsolen, wie sie auch bei den Hausteingesimsen üblich ist.

In wie reicher Weise sich ein Terrakotta-Gesims ausbilden lässt, kann man aus den Fig. 129a, b und c ersehen, welche das Hauptgesims des Kunstgewerbe-Museums in Berlin darstellen. Allerdings ist dasselbe nur in seinem oberen Theile aus Formsteinen in gebranntem Thon, in seinem unteren dagegen in Sandstein ausgeführt. Die Konsolen tragen die reiche Kassettirung mit Mittelblume, sowie die Sima, sind aber vorn an **I** Eisen aufgehängt, welche in die hinten ausgekragte Drempelwand reichen und hier sicher verankert sind. Die

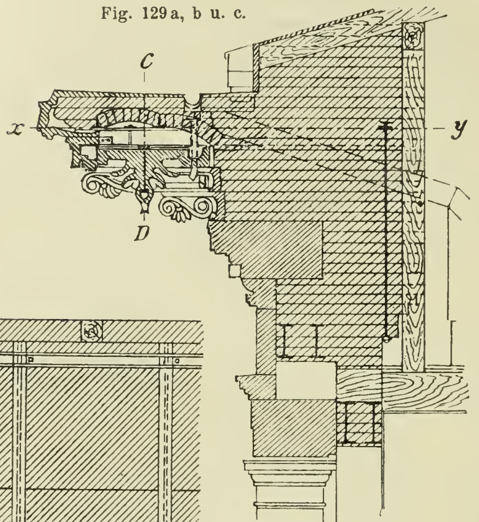
*) Ueber die Tragfähigkeit und Festigkeit grösserer Formstücke in gebranntem Thon siehe eine Mittheilung über Versuche von v. Weltzien im Jahrg. 1880 der Deutschen Bauzeitung.

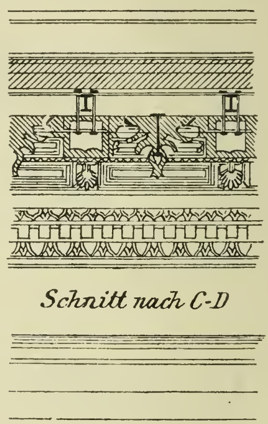
Last der Uebermauerung ist durch zwei kleine Längskappen, die gegen zwei auf jenen I Trägern befestigte ⊥ Eisen gewölbt sind, wesentlich verringert. Eine kleine Rinne fängt das auf dem weit ausladenden Gesimse sich sammelnde Wasser auf und leitet es dem im Inneren liegenden Abfallrohr zu.

d. Haustein-Gesimse.

Auch die Konstruktion von Hausteingesimsen ist so lange sehr einfach, als man imstande ist, das Umkippen durch entsprechend tiefes Einbinden der Steine

Fig. 129a, b u. c.





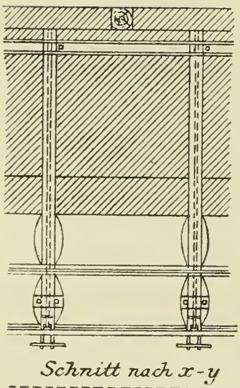
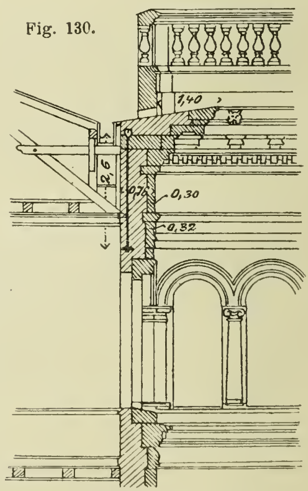


Fig. 130.



in die Mauern zu verhindern. Bekämen die Werkstücke dadurch eine zu erhebliche Grösse, würden die Gesimse infolge dessen zu kostspielig, oder reichte die Stärke der Mauer überhaupt nicht zum genügenden, gegen Umkippen sichernden Eingreifen der Steine aus, so bliebe wieder nichts übrig, als zu Verankerungen seine Zuflucht zu nehmen. Bei dem Gebäude der Technischen Hochschule in Charlottenburg, bei welchem das Hauptgesims eine Ausladung von rund 1,40 m hat, erfolgte nach Fig. 130 die Befestigung derartig, dass über sämmtliche Konsolen fort ein I Eisen gestreckt wurde, welches infolge seiner Verankerung mit der Drempelwand eine weitere Belastung der ersteren durch Hängeplatte und Sima gestattete.

Die Berechnung geschah so, dass zuerst das Gewicht von 1 m Gesimslänge — 1710 kg — und dessen Schwerpunkt ermittelt wurden, welch' letzter rund 51 cm nach aussen lag. Für die Hintermauerung des Gesimses war das Gewicht von 1 m Länge zu 1830 kg und der Schwerpunkts-Abstand von der Aussenkante der Mauer zu 37 cm festgestellt.

Es ist: $1710 \cdot 51 = 87\,210$ und $1830 \cdot 37 = 67\,710$,
daher das durch die Verankerung auszugleichende Moment $= 19\,500$; es besteht also, weil der Träger 70 cm weit von der äusseren Mauerkante liegt, die Gleichung: $70\,x = 19\,500$, woraus $x = 279$ gefunden wird.



$W = 21{,}083$
$G = 6{,}5$ kg für 1 m.

Wird der Träger in Abständen von je 1,80 m verankert, so ist sein Biegungsmoment $M = \frac{279 \cdot 1{,}8 \cdot 180}{8} = 11\,300$ cm/kg und darnach:

$$W = \frac{11\,300}{850} = 13{,}30$$

wenn 1 qcm Eisenquerschnitt mit 850 kg inanspruch genommen wird. Die Mindestlänge des Ankers ergiebt sich aus der Gleichung: $19\,500 = 1600 \cdot 0{,}48 \cdot 0{,}54\,x$ zu 0,47 m, wobei 1600 das Gewicht von 1 cbm Mauerwerk (in kg), 0,48 die

Fig. 132 a, b u. c.

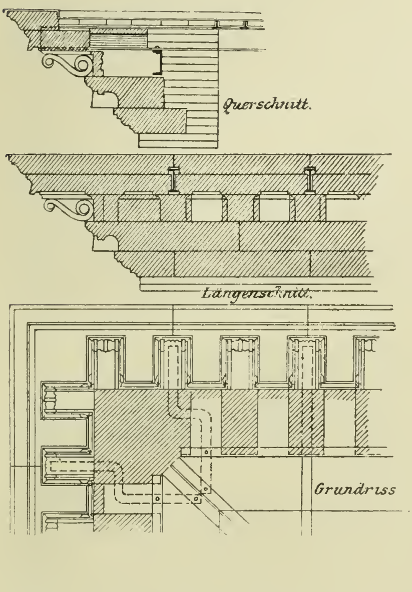


Fig. 133.

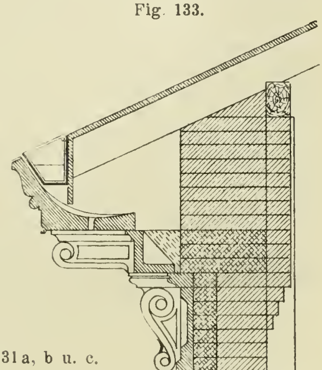
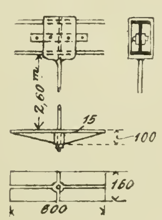


Fig. 131 a, b u. c.



Stärke des Mauerwerks bis zur Trennungsfuge vom Sandsteinfries und 0,54 $\left(= 0{,}30 + \frac{0{,}48}{2}\right)$ der Hebelarm von der Mitte des vom Anker getragenen Mauerkörpers bis zur äusseren Mauerkante ist.

Für die Stärke des Ankers ist das Gewicht dieses Mauerkörpers, welcher das Gesims im Gleichgewicht halten soll, maassgebend. Es ist aber mit Rücksicht auf Rosten ein Rundeisen von 1,8 cm Durchmesser mit 2,55 qcm Querschnitt genommen worden. Die Anker endigen oben in Hülsen, Fig. 131 a, b und c, welche die I Eisen umfassen. Das untere Ende der Anker, mit Gewinde versehen, wurde durch die Oese eines Gusstückes gesteckt und dann mittels einer Mutter fest angezogen, sogleich nachdem oben die Konsolen und der Träger verlegt waren. Selbstverständlich mussten zu dem Zweck Oeffnungen in der Drempelwand ausgespart werden, die man später vermauerte. Die Anker wurden 2,60 m lang ausgeführt, also ganz erheblich länger, als die Berechnung ergab, damit allen Zufälligkeiten während der Bauausführung Rechnung getragen sei. Solche Zufälligkeiten, also z. B. Stürme, welche von Innen gegen eine hohe

Drempelwand drücken können, zufällige Erschütterungen und Belastungen durch Material, oder selbst durch unvorsichtige Arbeiter usw., sind fast immer die Ursachen der häufigen Einstürze von Gesimsen während der Bauzeit, während nach Fertigstellung der Gebäude solche nur sehr selten eintreten.

Bei kleineren Gesimsen werden statt der I Eisen Quadrateisen, L Eisen, ⊥ Eisen oder gar nur Flachschienen und statt der gusseisernen Ankerplatten einfache Ankersplinte angewendet; doch hat man immer darauf zu sehen, dass eine gute Anspannung der Anker durch Schrauben stattfinden kann und dass, wenn die Verschraubung oben mittels Durchlochung der L Eisen oder Schienen bewirkt wird, die Anker so genau nach Schablone eingemauert sind, dass ihre oberen Enden nicht etwa gebogen werden müssen, um zu den Schraubenlöchern zu passen, weil durch das Biegen das frische Mauerwerk gelockert und dadurch die Standfähigkeit des Gesimses sehr gefährdet werden könnte.

Unter Benutzung von I Eisen, welche als Träger der massiven, mit Holzzement eingedeckten Dächer wirken, sind die Gesimse der Reichsbank-Gebäude in Chemnitz und Leipzig mit einer Ausladung von 1,20 und 1,50^{m} hergestellt, Fig. 132a, b, c. Die Hängeplatten sind vorn zwischen jene Dachträger eingeschoben und ruhen auf deren unteren Flanschen. Als Gegengewicht dienen einmal die Dachlast und dann das nach Innen überstehende Ende der Träger (etwa 6^{m}), schliesslich in etwa 5,5^{m} Entfernung daran angeschraubte Unterzüge (I Eisen), welche auch von dem kippenden Gesims abgehoben werden müssten.

Als Auflager für die Dachträger ist auf die Hinterkante des Zahnschnitt-Werkstückes ein ⊐ Eisen gelegt, welches den Druck der Dachlast, der Hängeplatte und der Sima auf jenes überträgt. Die Konsolen sind mit ihren hinteren Enden in das ⊏ Eisen eingeschoben und verdecken, eine um die andere, die unteren Flansche der Dachträger, welche zwischen den Hängeplatten sichtbar sind.

Fig. 133 zeigt schliesslich ein Kunstsandstein-Gesims vom Hause Köpnickerstrasse 8 in Berlin, dessen Glieder zumtheil nach Art der Terrakotta-Gesimse, zumtheil der Haustein - Gesimse gegossen worden sind. — Die dargestellte Rinnenanlage soll mit dieser Vorführung des Gesimses nicht zur Nachahmung empfohlen sein.

XI. Grundmauern (Fundamente, Gründungen).

a. Stärke der Grundmauern.

Die Stärke der Grundmauern richtet sich nach Stärke und Höhe der Geschoss-Mauern, ferner nach der Belastung durch Decken und Dach und endlich ganz besonders nach der Beschaffenheit des Baugrundes.

Unter Grund- oder Fundament-Mauern sind diejenigen Mauertheile zu verstehen, welche unterhalb der Kellersohle eines Gebäudes liegen. Die den Keller umschliessenden Mauern heissen, auch wenn sie ihrer ganzen Höhe nach unter Erdgleiche liegen, Kellermauern.

Erste Bedingung ist, dass die Fundamentsohle so tief gelegt wird, dass selbst der stärkste Frost nicht unter dieselbe in die Erde einzudringen vermag; in unseren Breiten 1,0—1,25^{m}. Eine auf feuchtem Boden stehende Mauer wird beim Frieren desselben gehoben werden, beim Aufthauen wieder sinken, und dabei Beschädigungen erleiden. Die im Inneren der Gebäude vorhandenen Fundamentmauern können bei gutem Baugrunde, weil Frostzutritt nicht zu befürchten ist, weniger tief liegen, als die Aussenmauern.

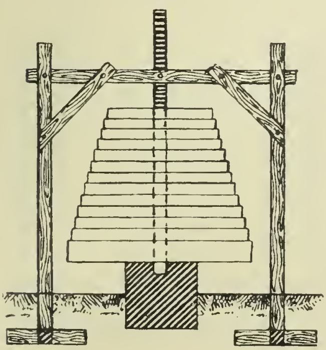
Ausser dem Frost ist bei Bestimmung der Tiefe von Fundamenten die Beweglichkeit der Bodentheile zu berücksichtigen. Wenn ein schweres Gebäude sehr flach gegründet wird, entsteht die Gefahr, dass unter der Belastung die Bodentheilchen zur Seite gedrängt werden und ausweichen, eine Gefahr, deren Grösse von der besonderen Beschaffenheit des Bodens und dessen Feuchtigkeitszustand abhängt. Um derselben zu begegnen, ist eine gewisse Einsenkungstiefe der Fundamente erforderlich, die man nicht kleiner als etwa 30^{cm} anzunehmen hat. Mit wachsender Tiefe der Gründung wird man eine entsprechende Zunahme der Belastung des Baugrundes zulassen können. Ein genaueres Gesetz hierfür ist allerdings noch nicht ermittelt.

Im allgemeinen wird guter und schlechter Baugrund unterschieden. Ersterem rechnet man Fels-, Kies- und Sandboden, auch trockenen, sandigen Lehmboden zu, während dem schlechten Baugrund Moorboden, Triebsand, fetter, wasserhaltiger Lehm — namentlich wenn derselbe mit anderen Bodenschichten abwechselt — Humusboden (Dammerde) und jedes aufgeschüttete Erdreich, selbst nach jahrelanger Lagerung, zuzuzählen sind.*)

Felsboden würde man entsprechend der Grösse der rückwirkenden Festigkeit, welche die betr. Gesteinsart besitzt, belasten können. Die Grenze der zulässigen Belastung ist indessen durch die Festigkeit des Mörtels im Fundamentmauerwerk gegeben; denn nur bei wenigen Gesteinen (vulkanischem Tuff, Schiefer und einigen Sandsteinen) bleibt die Festigkeit hinter derjenigen des Mörtels zurück. Im übrigen ist bei Gründungen auf Felsboden die Schichtung desselben bestimmend; liegen die Schichten stark geneigt, so ist grosse Vorsicht bei Bemessung der aufzusetzenden Last, u. Umst. grosser Abraum, d. h. eine tiefe Gründung nothwendig. Bei geneigter Oberfläche des Felsens sind Abtreppungen herzustellen, um dem Fundament ein wagrechtes Auflager zu schaffen.

Fest gelagerten, trockenen Sand (ohne schlüpfrige Theile) kann man bei sehr tief liegenden Fundamentsohlen bis zu 6—8 kg/qcm belasten, ebenso hoch auch festen Lehmboden, wenn dieser trocken liegt und Durchfeuchtung ausgeschlossen ist. Lehm- und Thonboden haben die Eigenschaft bei Wasseraufnahme zu quellen, beim Trocknen zu schwinden, können daher nur unter grosser Vorsicht schwer belastet werden. Also nur, wo Lehm- und Thonboden gegen fliessendes und quellendes Wasser geschützt ist, kann er noch dem guten Baugrunde zugerechnet werden.

Fig. 134.



Bei den Viadukten der Berliner Stadteisenbahn hat man eine grösste Belastung des Sandbodens bis 4,5 kg für 1 qcm angenommen mit Rücksicht darauf, dass bei den Pfeilern unter dem Einfluss der Verkehrslast sehr wechselnde Beanspruchungen der Fundamentsohle entstehen. Für gleichmässige Belastung hat sich nach den damals gemachten Versuchen eine weit höhere Belastung als zulässig erwiesen. Dieselben Zahlen sind bei den städt. Brücken in Berlin zugrunde gelegt. — Die Pfeiler der East-River-Brücke bei New-York belasten den Thonboden, in dem sie stehen, mit 7,1 kg für 1 qcm. Diese Belastung kann aber nicht als Norm hingestellt werden, denn in anderen Fällen ist durchfeuchteter Thonboden schon bei einer Belastung von 3 kg/qcm ausgewichen. Eine Probebelastung ist bei solchem Baugrund deshalb immer zu empfehlen. Dieselbe kann in der Weise erfolgen, dass man einen Mauerklotz von etwa 1 cbm Inhalt aufmauert, welcher zur halben Höhe in den zu belastenden Boden eingesenkt ist und in welchen zugleich, lothrecht stehend, eine getheilte Latte eingemauert ist, von der die Einsenkung abgelesen werden kann. Dies geschieht dadurch, dass an zwei seitlich im Boden befestigten Stäben eine wagrechte Querlatte unverrückbar angebracht ist, welche jene Maasslatte, ohne sie zu berühren, kreuzt. Der Mauerkörper wird mit Eisenbarren belastet. Fig. 134 zeigt das Verfahren. Aehnlich grosse Belastungen kommen hin und wieder bei Thürmen und grossen Fabrik-Schornsteinen vor.

Nach polizeilicher Vorschrift kann in Berlin guter Baugrund jedoch nur bis zu 2,5 kg für 1 qcm belastet werden.

Es kommt bei der Gründung aber, wie schon erwähnt, ausser auf die besondere Beschaffenheit des Baugrundes, auf die Art der Belastung an. Je weniger diese wechselt, um so höher kann sie angenommen werden, und umgekehrt.

---

*) Genaueres hierüber s. u. Handbuch der Baukunde, Abth. III, Heft 1, Brennecke: der Grundbau, S. 73 u. folg.

Daher wird beim Bau von Thürmen, Fabrik-Schornsteinen usw., bei denen durch die Einwirkung des Windes grössere Wechsel der Belastung hervorgerufen werden können, eine geringere Tragfähigkeit des Baugrundes, gewöhnlich nicht über 1,5 kg und nicht unter 0,75 kg auf 1 qcm, zugrunde gelegt.

Die Fundamente eines Bauwerks sind so breit zu machen, dass die für die Flächeneinheit der Bausohle zulässige Belastung nicht überschritten wird.

Vergl. hierzu die Angaben und Tabellen in Kapitel VI, S. 30 über Eigengewichte der Baumaterialien, über Belastung der Decken und Dächer, sowie über die zulässigen Pressungen im Mauerwerk selbst.*)

Weil stets eine mehr oder minder grosse Pressbarkeit des Baugrundes vorhanden ist, muss auf das „Setzen" des Gebäudes Rücksicht genommen werden, welches insbesondere gleichmässig, daneben möglichst gering sein soll. Wenn ein ungleiches Setzen verschiedener Theile eines Gesammtbaues zu befürchten ist, müssen die Theile ohne Zusammenhang (Verband) aufgeführt werden; oder auch, man muss den Bau des schwereren Gebäudetheils früher beginnen, als den des anderen, so dass jener dem ersteren stets um ein grösseres Stück voraus eilt.

Liegt bei dem zu erwartenden ungleichmässigen Setzen die Ursache nicht in der ungleichen Schwere verschiedener Bautheile, so kann man der zu befürchtenden Rissebildung (Trennung) dadurch vorbeugen, oder auch dieselbe möglichst mildern, dass man den Zusammenhang der Bautheile durch Einlegen von langen Bandeisen-Streifen (auch Draht) in die Mauerwerksfugen vermehrt, ohne dass man dadurch eine die Zerstörung begünstigende Starrheit der Baumasse herbei führt.

Ein anderes für den vorliegenden Fall mit gutem Erfolg angewendetes Verfahren besteht in dem Einfügen eines Rostes aus alten Eisenbahnschienen zwischen Fundament und aufgehendem Mauerwerk. Die obersten Schichten des Fundamentmauerwerks werden aus besonders guten Steinen in Zementmörtel hergestellt und alsdann zwei oder drei Schienen mit verwechselten Stössen aufgelegt und gut in Stein und Mörtel eingebettet. Entweder findet an den Ecken Verlaschung statt, oder es werden die Enden der Schienen unter der weniger schweren Wand über die Schienen der anderen, anstossenden Wand fortgestreckt, ohne dass eine Verbindung zwischen denselben hergestellt wird; auch die zunächst oberhalb des Schienenrostes folgenden untersten Schichten der aufgehenden Mauern werden aus besseren Steinen in Zementmörtel aufgeführt. Der Schienenrost bildet gewissermaassen einen elastischen Balken von grosser Tragfähigkeit, welcher die Ungleichmässigkeiten, die in dem Gegendrucke des Bodens gegen die Fundamentsohle vorhanden sind, ausgleicht.

Bei sehr grosser Ungleichheit der Tragfähigkeit des Bodens und namentlich, wenn die Fundament-Tiefe für einzelne Theile des Baues grosse Verschiedenheiten zeigt, kann es geboten sein, von der gut begründeten Regel der Einheitlichkeit des Fundamentes abzugehen und mehrere Gründungsweisen neben einander für denselben Bau anzuwenden. Man wird dann die einzelnen Bautheile trennen, vor allem aber die Trägfähigkeit des Bodens nur sehr gering inanspruch nehmen, weil mit der vergrösserten Inanspruchnahme die Gefahr der Entstehung von Rissen sich vergrössert. Ein bemerkenswerthes Beispiel bietet der Bau des Physiologischen Instituts in Berlin, bei welchem fünf verschiedene Gründungsweisen auf verhältnismässig kleiner Fläche neben einander zur Anwendung gebracht sind. (Vergl. Brennecke, S. 342 ff., sowie Centralbl. der Bauverwltg., Jahrg. 1885, No. 3.)

Um den Druck der Mauern auf den Baugrund zu ermässigen, wie auch um die Standfestigkeit eines Gebäudes zu vergrössern, werden Fundamente absatzweise verbreitert; die Absätze werden Bankette genannt.

Durch die mehr oder weniger grosse Breite und deren Wechsel lässt sich der Druck auf die Fundamentsohle möglichst vollkommen ausgleichen und innerhalb der festgesetzten Grenzen halten.

---

*) Ueber zulässige Belastung von Mauerwerk, vergl. ausserdem: Centralbl. d. Bauverwltg. 1883 und Deutsch. Illustr. Gew.-Zeitung 1884, No. 7.

Geschähe aber die Fundamentverbreiterung zu unvermittelt, d. h. wäre, Fig. 135, $b \geq h$, so würde die Gefahr eines Bruches der Fundamentabsätze entstehen. Andererseits macht man *b* auch nicht kleiner als 12—15 cm. Damit sich der Druck gleichmässig über die ganze Fundamentbreite vertheilen könne, muss derselbe durch den Schwerpunkt des Fundaments gehen; dieses muss daher symmetrische Form haben. Wenn aber anderweite Kräfte hinzutreten, z. B. wo Gurtbögen mit Seitenschub die Kellermauern treffen, kann es nothwendig sein, dem Fundament eine unsymmetrische Form zu geben, Fig. 136. Dies ist bei Mauern, die an Nachbargrenzen errichtet werden, an und für sich nothwendig, Fig. 137. Lässt sich die nothwendige Breite des Fundaments an einzelnen, stark belasteten Punkten des Gebäudes nicht gewinnen, ohne die Absätze über die vorher angegebenen Grenzen hinaus zu verbreitern, so bleibt nur übrig, die Gründungstiefe zu vergrössern.

Bei Ungleichartigkeit des Baugrundes ist man gezwungen, auflagernden, lockeren Boden zu entfernen, wodurch die Fundamentsohle in verschiedene Tiefenlagen kommt; hier ist aber die Nothwendigkeit ungleicher Fundamentbreiten nicht leicht vorhanden, da die Festigkeit des Bodens im allgemeinen mit der Tiefe zunimmt, indem das Gewicht der auflagernden Erdmassen eine Zusammendrückung bewirkt. Deshalb ist es vortheilhaft, die Fundamente besonders schwerer Bautheile, wie z. B. der Thürme, tiefer als die des übrigen Gebäudes zu legen; doch setzt dies gleichbleibende Bodenbeschaffenheit voraus, weil im anderen Falle die Tieferlegung ein Fehler sein könnte.

Fig. 135.

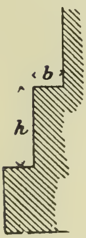


Fig. 136.

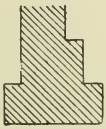
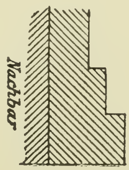


Fig. 137.



Ausser durch Fundament-Absätze kann eine Verringerung des Druckes auf den Baugrund auch durch Verbindung einzelner Fundamente durch Einlegen umgekehrter Bögen — die sogen. Erdbögen — oder umgekehrter Gewölbe, von welchen später die Rede ist, bewirkt werden.*)

b. Untersuchung des Baugrundes.

Nach der Beschaffenheit des Baugrundes richten sich zumeist die verschiedenen Gründungsweisen. Deshalb ist vor allem die genaue Kenntniss derselben nothwendig, welche man sich im einfachsten Falle und besonders dann, wenn die Beschaffenheit von den Baustellen der nächsten Umgebung her bereits bekannt ist, es sich also nur um eine Bestätigung derselben handelt, durch Aufgraben oder Abteufen eines Schachtes verschaffen kann. Beim Einstossen des Sondir- oder Visitireisens in den Boden, das etwa 2 bis 2,5 cm stark, 2—3 m lang, unten zugespitzt, oben, behufs Handhabung mit Bügel oder Drehhebel versehen ist, lässt sich aus dem mehr oder weniger leichten Eindringen ein Schluss auf die Dichtigkeit des Erdbodens ziehen; doch ist diese Probe immer unsicher. Sand polirt das Eisen, Thon usw. haftet daran.

Sicherheit gewähren nur **Bohrungen**, welche auf grosse, fast unbegrenzte Tiefen, auch unabhängig vom Grundwasser, ausführbar sind und die Beschaffenheit, Lage und Mächtigkeit der einzelnen Erdschichten genau angeben. Wegen des häufig vorkommenden, plötzlichen Wechsels der Bodenbeschaffenheit ist es nothwendig auf einer Baustelle mehrere Bohrlöcher einzutreiben, es sei denn, dass dieselbe klein und der Baugrund durch die anstossenden Gebäude hinreichend genau bekannt ist. Durch solche Bohrungen ist auch der Stand des Grundwassers zu ermitteln, welcher auf die Art der zu wählenden Gründung von grösstem Einfluss ist und vielfach auch die Höhenlage der Kellersohle bestimmt, welche mindestens 30 cm über dem höchsten, bekannten Grundwasserstande (in Berlin bei bewohnbaren Räumen 40 cm) anzuordnen ist. Selten aber werden einzelne

*) Ueber die Berechnung umgekehrter Fundamentbögen, vergl. Centralbl. der Bauverwltg. 1885, S. 11 und Brennecke, Nachtrag zum Grundbau, S. 39.

Beobachtungen über den höchsten und niedrigsten Stand des Grundwassers sichere Auskunft geben. Hier helfen nur Erkundigungen bei Behörden.

Im allgemeinen ist es Regel, anzunehmen, dass eine Schicht guten Baugrundes von 3—4 ^{m} Mächtigkeit genügt, um ein Gebäude von drei Geschossen mit gewöhnlicher Belastung darauf zu errichten, selbst wenn darunter eine lockerere Erdart angetroffen würde. Die Ansicht, dass ein Haus unter allen Umständen desto fester stehe, je tiefer es gegründet ist, ist irrthümlich, weil durch zu tiefes Fundiren eine tragfähige Schicht geschwächt oder durchbrochen werden kann.

Zum Bohren bedient man sich der verschiedenen Bohrer, von gutem Schmiedeeisen mit verstähltem Ende gefertigt, die mit festem Gestänge theils gedreht, theils gestossen werden. Die Bohrlöcher werden zur Grunduntersuchung 10—15 ^{cm} weit und höchstens bis 20 ^{m} Tiefe ausgeführt, wenn nicht besondere Gründe für eine grössere Tiefe sprechen.

Bei allen erdigen, thonigen, lehmigen, sandigen und moorigen, allenfalls auch kiesigen, jedoch nicht steinigen Bodenarten wird der Ventilbohrer benutzt, Fig. 138. Derselbe besteht aus einem an beiden Enden offenen Rohr von 10—13 ^{cm} Durchmesser und 60—80 ^{cm} Länge, welches am oberen Ende mittels Gelenk mit dem

Fig. 138.



Fig. 139.

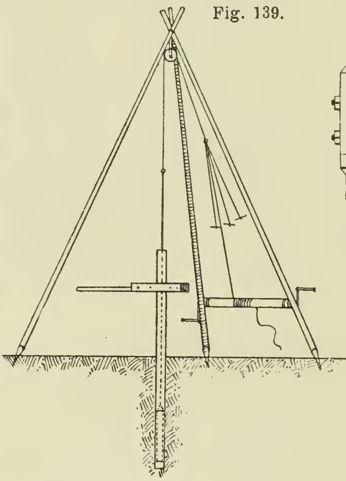


Fig. 140.

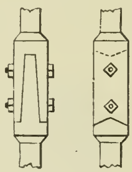
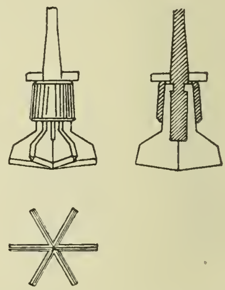


Fig. 141.



Gestänge verbunden, am unteren gewöhnlich mit einem Klappenventil versehen ist, durch welches der Boden beim Auffallen des Zylinders eindringt. Das Ventil wird durch die Schwere des eingedrungenen Bodens geschlossen, und man kann an dem ausgehobenen Erdreich, dessen Tiefenlage an dem Gestänge zu messen ist, die Zusammensetzung des Bodens in den verschiedenen Tiefen erkennen. Von etwa 50 zu 50 ^{cm} Tiefe werden die einzelnen Proben des Erdreichs sorgfältig gesammelt und aufbewahrt.

Beim Bohren selbst wird folgendermaassen verfahren: über dem Punkte, wo die Bohrung ausgeführt werden soll, wird ein dreibeiniger Bock, bestehend aus drei langen, runden Rüststangen mit spitzen, eisernen Füssen, aufgestellt, an deren Verbindungspunkt oben, wo sie mittels eines eisernen Bolzens zusammengehalten sind, ein mit Nuth versehenes eisernes Rad von etwa 50 ^{cm} Durchmesser hängt, über welches ein starkes Tau fortgeführt ist. Letzteres ist unten um eine hölzerne Welle geschlungen, welche in einfachster Weise mittels zweier eiserner Ueberwürfe an zwei Stangen des Bockes befestigt ist, Fig. 139. Am anderen Ende des Taues hängt der Bohrer mit seinem eisernen Gestänge. Jeder Theil des letzteren ist 4 bis 5 ^{m} lang. Die Zusammensetzung zeigt Fig. 140. Das Tau hat einmal den Zweck, mittels der Welle den schweren Bohrer herauszuheben, dann aber auch mittels daran befestigter, dünner Taue das Bohren selbst, also das Anheben und Fallenlassen des Bohrers zu bewirken. Dieses geschieht in einem dünnwandigen, schmiedeeisernen Futterrohr von 13—15 ^{cm} Durchmesser,

dessen einzelne Theile Längen von etwa 5—6 m haben und mittels Verschraubung aneinandergefügt werden, so dass an den Stössen keine Vorsprünge vorhanden sind. Das Rohr wird der allmählichen Vertiefung des Bohrloches gewöhnlich folgen. Ist das nicht der Fall, so muss man es mittels eines an einer hölzernen Klemme befestigten Hebelarmes zur Verminderung der Reibung hin und her drehen; auch kann man, soweit das möglich ist, die Wangen der Klemme mit Roheisenstücken belasten. Einrammen ist ausgeschlossen, weil das dünnwandige Rohr dadurch beschädigt werden würde; doch kann man behufs Vermehrung der Reibung mehrere Klemmen über einander anbringen. Wird das Bohrloch tiefer als die Höhe des Bockes, so muss beim jedesmaligen Herausziehen und Entlehren des Bohrers das Gestänge auseinandergenommen werden. Trifft man auf ein Hinderniss, einen Baumstamm oder Stein, welcher durch die Ventilöffnung nicht hindurch geht, so muss dasselbe entweder durch Zerstören beseitigt, oder, wenn das nicht durchführbar ist, das Bohrloch verlassen werden, um ein

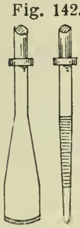
Fig. 142.


Fig. 143.

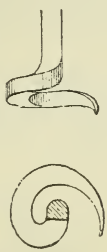

Fig. 144.


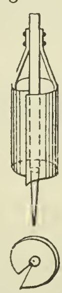
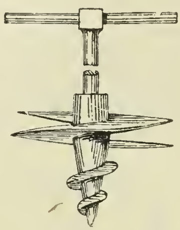
Fig. 145.


Fig. 146.


Fig. 147.


neues in der Nähe herzustellen. Zum Zerstören dient der Kronen-, Fig. 141, Meissel-, Fig. 142, oder Spitzbohrer, Fig. 143, zum Herausziehen kleinerer Steine der Steinzieher, Fig. 144. Nach Fertigstellung des Bohrloches, also nachdem man sich über die Erdschichten in den verschiedenen Tiefen genügend unterrichtet hat, werden die eisernen Röhren mittels Ketten und Hebebäumen, auch mit Zuhilfenahme des Taues und der Welle oder starker Wagenwinden herausgezogen. Für zähen, besonders auch mit Wurzelwerk durchwachsenen Boden gebraucht man den Zylinder- und Löffelbohrer, Fig. 145 u. 146, oder den Scheibenbohrer, Fig. 147, verbessert „Bohlken'scher Patentbohrer“ genannt, welche alle mit festem Gestänge gedreht werden müssen. Sie lassen sich 1 bis 2 m tief in den festen Sand einbohren, dienen oft zum Eröffnen eines tieferen Bohrloches und zur Herstellung der Gruben zum Einsetzen von Gerüstpfählen usw.

Die Untersuchung der Festigkeit des Baugrundes durch Einschlagen von Probepfählen wird nur dann ausgeführt, wenn man Gründung mittels Pfahlrostes beabsichtigt. Ueber Probebelastungen vergl. das in Absatz a gesagte.*)

c. Ausheben der Baugrube und Absteifen der Baugrubenwände.

Bei trockenem, ziemlich festem Boden stehen die Grubenwände auf geringe Tiefe lothrecht und werden höchstens vom Regenwetter oder von grosser, auf dieselben gehäufter Erdlast gefährdet. Bei grösserer Tiefe und bei lockerem Boden müssen dieselben aber mit Böschung angelegt werden. Wenn die Fundamentgräben tiefer als 1,5—2,0 m sind, unterbricht man die Böschungen durch Absätze, Bankette, von mindestens 0,40 m Breite, welche sowohl herabfallende Erdtheile aufhalten, als auch dazu dienen sollen, den Erdboden ohne Anwendung von Gerüsten aus der Baugrube heraus zu schaffen und später die Baumaterialien zu lagern, Fig. 148.

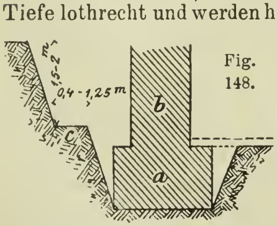


Fig. 148.

*) Vergl. ausserdem die Untersuchung des Bodens mit dem R. Mayer'schen „Fundamentprüfer“. Dtsch. Bztg. 1897, S. 291 u. 1900, S. 214.

Die Seitenwände von Baugruben, welche in der Nähe von Gebäuden auszuheben sind, müssen, weil der Raum fehlt, mit steilen Wänden ausgeführt und abgesteift werden. Man unterscheidet Verschalungen mit wagrechten Brettern oder Bohlen und senkrecht stehenden Pfählen von solchen mit senkrecht stehenden Bohlen und wagrechten Gurthölzern. Eine gute Absteifung soll folgende Bedingungen erfüllen:

1. muss sie fest genug sein, um den in der Baugrube und in nächster Nähe derselben arbeitenden Personen Sicherheit zu gewähren;
2. soll sie möglichst wenig Holz erfordern, nicht sowohl der Kostenersparniss als der Verengung der Baugrube wegen;
3. soll dieses Holz möglichst wenig verschnitten oder bearbeitet werden, um es später noch anderweitig gebrauchen zu können;
4. sollen die Schalstücke klein genug sein, um möglichst mit der Hand eingesetzt werden zu können;
5. sollen sich die Hölzer leicht wieder entfernen lassen, ohne dass die der Stützung beraubten Wände sogleich nachstürzen;
6. soll die Verschiedenheit der erforderlichen Holzsorten möglichst gering sein.

a. Zur wagrechten Absteifung genügen im einfachsten Falle zwei Bretter, welche mittels einer Rundholzspreize, die durch Holzkeile in Spannung gebracht wird, angedrückt werden, Fig. 149. Bei grösseren Baugruben werden in Entfernungen von 1,25—2 m Pfähle von 12—15 cm Seite (oder Durchm.) ein-

Fig. 149.

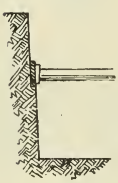


Fig. 150.

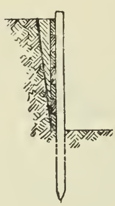


Fig. 151.

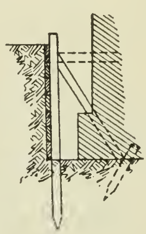


Fig. 152.

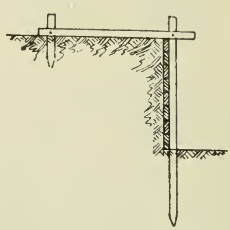
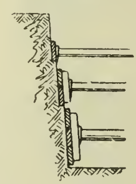


Fig. 153.



geschlagen und dahinter die Schalbretter oder Bohlen, 4—6 cm stark, gebracht, so dass die Stösse immer auf einen Pfahl treffen, oder besser noch, dass die Bretter an dieser Stelle sich etwas übergreifen. Der zwischen Böschung und Brettern verbleibende Raum wird hinterfüllt, Fig. 150. Bei starkem Seitendruck sind die Pfähle entweder tiefer einzuschlagen, oder dichter und auch geneigt zu stellen, oder, Fig. 151, gegen die gegenüber liegende Wand abzusteifen, wenn solche fehlt, schräg gegen die Sohle der Baugrube und später, bei Hochführung der Fundamente, gegen die Absätze derselben. Die Streben werden mit den Pfählen meist nur durch Nagelung verbunden. Ist eine Verengung der Baugrube durch die Steifhölzer nicht zulässig, so müssen die Pfähle nach rückwärts verankert werden, Fig. 152.

Statt der hölzernen Spreizen bedient man sich auch solcher in Eisen, die durch Schraubengewinde fest angepresst und ebenso leicht wieder entfernt werden können.

Bei engen und tiefen Baugruben ist es schwierig, die langen Pfähle einzutreiben und die Verschalung anzubringen, ohne dass die Böschung einstürzt. In solchem Falle wird man bei nicht zu lockerem Erdreich, nach Fig. 153, die Absteifung in einzelnen Absätzen und allmählich mit dem Fortschreiten der Schachtarbeiten ausführen, und sie in grösserer Tiefe, der Vermehrung des Erddruckes entsprechend, verstärken. Es gelingt nicht immer, die Verschalung glatt und im Zusammenhang von Geländehöhe bis zur Grubensohle hinab unter Zuhilfenahme von kurzen Stücken senkrechter Hölzer herzustellen, Fig. 154a, und es möglich zu machen, letztere schliesslich zu entfernen, um dafür andere Hölzer von einer

der Baugrubentiefe entsprechenden Länge einzusetzen, Fig. 154b. Das Ausrüsten der Baugrube ist aber erleichtert, wenn die senkrechten Hölzer in kurzen Stücken verwendet sind, Fig. 154a.*)

Kommt man mit der Baugrubensohle in das Grundwasser, so kann die wagrechte Absteifung nur bis zu dessen Spiegel hinab geführt werden; weiterhin müssen senkrechte, und, wenn hervorquellender Sand abzuhalten ist, sich gegenseitig überdeckende, u. Umst. gespundete Bohlen eingetrieben werden; auch sind Zangen oder Gurthölzer und Steifen oder Spreizen, Fig. 155, zuhilfe zu nehmen.

b. Senkrechte Absteifung wird besonders bei engen Baugruben angewendet. Die Bohlen von 4—8 cm Stärke und 2—5 m Länge werden mindestens oben und unten, bei grossen Längen auch in der Mitte durch Gurthölzer mit Spreizen gestützt. Die Gurthölzer werden 12—15 cm stark genommen, die Spreizen aus Rundholz 10—15 cm stark, Fig. 156.

Die oberen Enden der Bohlen werden mit Bandeisen beschlagen, um sie gegen das Aufsplittern beim Eintreiben mit Hämmern zu schützen, während die unteren Enden anzuschärfen sind. Bei tiefen Baugruben müssen der Tiefe nach mehrere derartige Absteifungen übereinander angeordnet werden; es ist dann die Weite der Grube entsprechend grösser zu machen, oder es sind die Bohlen schräg einzutreiben, um die Grubensohle nicht zu stark zu verengen, Fig. 157. Das in dieser Abbildung angegebene Kreuzholz x ist nur bei weichem Boden und dann nothwendig, wenn der Zwischenraum zwischen den Spreizen a und b

Fig. 154.

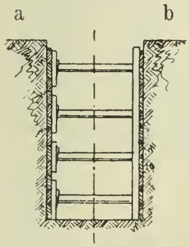


Fig. 155.

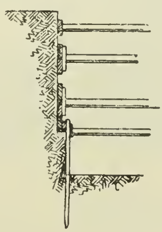


Fig. 156.

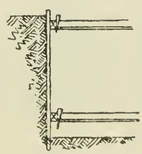
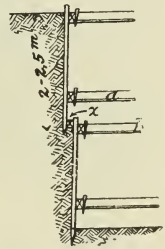


Fig. 157.



ziemlich gross ist. Die Baugrube durchschneidende Rohrleitungen werden mittels Ketten oder Taue an quer über die Baugrube gelegten Hölzern aufgehangen.

Jede der beiden beschriebenen Absteifungsarten bietet ihre besonderen Vortheile. Diese sind für die wagrechte Absteifung folgende:

Man ist in den Längenabmessungen der Hölzer nur wenig beschränkt und die Bohlen leiden nicht durch Einrammen. Man kann in einfacher Weise die Absteifung, dem grösseren Erddruck entsprechend, nach unten verstärken. Die wagrechte Absteifung ist billiger bei flachen und lang gestreckten Baugruben und — unter gewöhnlichen Verhältnissen — auch leichter bei Baugruben anwendbar, in denen nicht zwei Wände mit geringem Abstand einander gegenüber liegen.

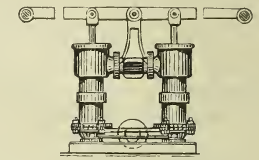
Die lothrechte Absteifung lässt sich bei tiefen Baugruben leicht nach unten fortsetzen; sie verengt in der Tiefe, infolge der geringen Zahl und bequemeren Anbringung der Steifen, welche sich auch leicht auswechseln lassen, die Baugrube weniger. Man kann jede senkrechte Bohle für sich durch Keile an das Erdreich andrücken und es lassen sich die Bohlen nach Beendigung der Arbeit leicht herausziehen; nur selten geht eine Bohle verloren. Endlich ist starker Wasserzudrang weniger störend, als bei wagrechter Absteifung und deshalb bei nassem und lockerem Boden, besonders auch bei kurzen Baugruben die lothrechte Absteifung stets im Vorzuge.**)

*) Eine interessante Ausführung über die Aussteifung tiefer Pfeilerbaugruben vom Theater in Bern mit Betonringen statt der Holzaussteifung s. Centralbl. d. Bauverwltg. 1900, S. 214.

**) Ueber das Beseitigen von Hindernissen in Baugruben s. Brennecke: Grundbau, S. 27, über die Trockenlegung der Baugruben ebendaselbst S. 45 und 98, über den Schutz der Baugruben am und im Wasser S. 86, über Baggerapparate ebendas. S. 35. Vergl. auch den Nachtrag zum Grundbau 1895.

Es ist nur möglich, den Erdboden bis 30 cm unter dem Wasserspiegel auf gewöhnliche Weise auszuheben. Bei grösserer Tiefe muss das Wasser mit Handeimern, Wurfschaufeln, Paternosterwerken, Wasserschnecken oder Pumpen und zwar durch Menschen- oder Maschinen-Kraft entfernt werden; oder es ist der Erdboden unter Wasser auszubaggern (s. Brennecke, Grundbau S. 45). Am häufigsten wird bei Hochbauten die Doppelstiefel-Handpumpe, Fig. 158, angewendet, welche je nach der Hubhöhe zwei bis zehn Mann zur Bedienung erfordert. Als Saugerohr dient ein Spiralschlauch, den man zur Schonung mithilfe starken Bindfadens mit Packleinwand umwickelt, und dessen aus Draht und Eisen geformter Saugkopf in einen Korb gesteckt wird, um Verstopfungen der Pumpe zu verhüten. Um beim Wasserschöpfen zu sparen, ist es gut, die Fundamentgruben in Abschnitte zu theilen und dem entsprechend auch die Gründung abschnittweise vorzunehmen. Die Verbindung dieser Abschnitte ist sehr sorgfältig auszuführen, weil das nachdringende Wasser die frisch gemauerten Theile leicht ausspült. Bei einem Pfahlrost ist der Erdboden etwa 60 cm tiefer, als die spätere Oberfläche des Rostes liegt, auszuheben, um die Pfähle abschneiden und mit Zapfen versehen zu können. Nur bei sehr durchlässigem Boden erfolgt die Ausgrabung erst kurz vor dem Legen des Rostes. Auf das Aufstellen der Rammen, sowie der Wasserhebemaschinen ist beim Ausschachten der Fundamentgräben und bei Bestimmung ihrer Abmessungen Rücksicht zu nehmen. Die Laufbahnen für Karren dürfen höchstens die Steigung 1 : 6 erhalten; darnach sind die Böschungen für sie einzuschneiden.

Fig. 158.



Ist ein Gebäude unmittelbar am Wasser zu erbauen, so muss die Baugrube gegen das von jenem aus andringende Wasser geschützt werden. Das kann sowohl durch blosse Erddämme geschehen, welche gewöhnlich aus dem stehen gebliebenen, gewachsenen Boden mit einer Grundfläche, deren Breite gleich der vierfachen Wasserhöhe ist, gebildet werden, als auch durch Spundwände, oder Fangedämme.

d. Spundwände.

Spundwände, welche neuerdings zuweilen auch aus Wellblech oder aus Profileisen hergestellt werden, dienen einmal dazu, das zusammengepresste Erdreich eines Bauplatzes am seitlichen Ausweichen zu hindern, dann aber auch, umgekehrt, um eine Baustelle gegen das seitliche Hereinbrechen des umgebenden Erdreichs oder den Zudrang des Wassers, in den meisten Fällen gegen Beides zugleich zu schützen. Beim Wasserbau dienen dieselben auch zur Sicherung gegen Ausspülen des Bodens durch die Strömung. Zu den hölzernen Spundwänden sind (bei voller Spundung) Bohlen von nicht weniger als 10 cm Stärke und nicht unter 25 cm und über 35 cm Breite zu verwenden, weil sonst einerseits zu viele Fugen, andererseits grosse Verluste durch Aufspalten entstehen würden. Bei mehr als 3 m Länge sind die Bohlen für 1 m Mehrlänge 1 bis 2 cm stärker, als oben angegeben, zu nehmen.

Trockenes Holz eignet sich nicht zur Verarbeitung. Dasselbe quillt zu sehr, erschwert das Rammen und es kann auch durch das Erweitern der Feder die Nuth auseinanderspalten. Von allen Spundungsarten ist die quadratische, gleich $^1/_3$ der Holzstärke, die beste. Zu stärkeren Spundwänden werden Pfähle aus vollem Holze geschlagen. Solche Wände heissen dann Pfahlwände und sind manchmal gänzlich ohne Spundung. (Die Spundung verbietet sich im groben Kiesboden, da sich hier grössere Steine in die Nuth klemmen und sie aufspalten würden.) Letztere ist sehr genau mit dem Spundhobel auszuführen, nachdem mit der Axt vorgearbeitet ist. Sämmtliche Bohlen sind unten mit symmetrischer Schneide, die zwei bis drei Mal so lang als die Dicke der Bohlen und etwas abgestumpft ist, zu versehen. Es ist genau darauf zu achten, dass diese meisselartigen Schneiden eine gerade Linie bilden, weil sonst die Bohlen beim Rammen ausweichen würden. Deshalb werden 20 bis 30 Bohlen neben einander gelegt und unten in der Mitte mit einem Schnurschlag versehen, welcher die Schneide

angiebt. Künstliche Formen der Schneiden und Spundung sind wegen der leichten Beschädigung beim Rammen zu vermeiden. Allenfalls kann die Schneide bei weichem Boden an einer schmalen Seite etwas abgeschrägt sein, Fig. 159, was das Aneinandertreiben der Bohlen befördert. Eiserne Schuhe sind im Verhälniss zu ihrer Wirkung sehr theuer. Will man sie anwenden, so ist für sehr sorgfältige Befestigung am Pfahl Sorge zu tragen, und dann ist es vortheilhaft, mehreren Bohlen einen gemeinsamen Schuh zu geben, ebenso wie man gewöhnlich zwei Köpfe durch einen gemeinsamen eisernen Ring vereinigt, um beide Bohlen zugleich einzurammen, Fig. 160. Diese Pfahlringe werden aus 3 cm starkem, 7 cm breitem Bandeisen gefertigt und heiss aufgezogen. Alle Bohlen sind an beiden Enden mit eingebranntem Stempel und mit Nummern zu versehen, um das Kürzen derselben durch die Arbeiter bei Akkordarbeit zu verhindern. An die Ecken kommen stärkere, nur genuthete Pfähle, manchmal auch in bestimmten Abständen in die Wände selbst, um dieselben zu kräftigen, Fig. 161.

Das Einrammen geschieht bei kurzen Bohlen mittels Handrammen, sonst mit Zug-, Kunst- oder Dampframmen. Die Hand- oder Viermännerramme,

Fig. 159.

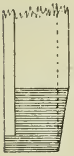


Fig. 160.

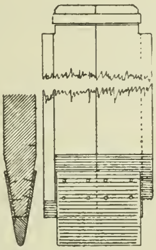


Fig. 162

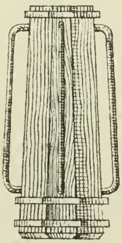


Fig. 163.

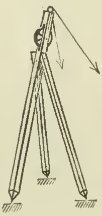


Fig. 166 a u. b.

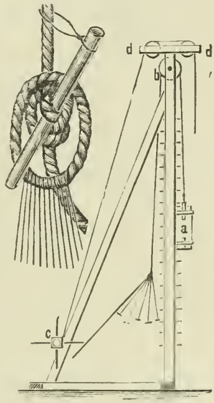


Fig. 161.

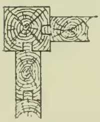


Fig. 165 a u. b.

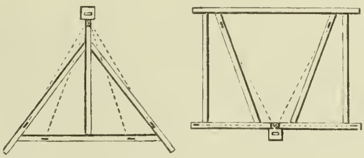


Fig. 164.

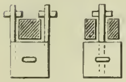


Fig. 162, aus Eichenholz bestehend, ist oben und unten mit eisernen Ringen geschützt und hat vier Bügel zum Anfassen. Gewicht etwa 50 kg. Die Arbeiter stehen erhöht auf Gerüsten zu beiden Seiten der einzurammenden Pfähle.

Die einfachste Zugramme ist das „Fallwerk“, Fig. 163, welches aus einem Dreibein mit einer Rolle besteht, über welche das Rammtau läuft. Bei der gewöhnlichen Zugramme steht die einfache oder geschlitzte Läuferruthe, Fig. 164, lothrecht auf der drei oder viereckigen „Rammstube“, Fig. 165 a u. b, und ist durch zwei Streben abgesteift. Am oberen Ende derselben ist der „Trietzkopf“ mit den Rollen *d* angebracht, welcher zum Aufstellen der Pfähle mithilfe des Haspels *c* dient, Fig. 166 b. Ueber die Rolle *b* läuft das Rammtau, an welchem der Rammbär *a* hängt. In der Nähe des anderen Endes des Rammtaues (Schwanzende) ist das Kranztau, Fig. 166 a, über einem Querholz befestigt, welches durch einen Knoten des ersteren, 5 m über der Rammstube, gesteckt ist. Das Kranztau dient zur Aufnahme der Rammstränge, an denen die Arbeiter den Bär mithilfe eines Knebels von Holz hochziehen, während der „Schwanzmeister“ das lose Ende des Rammtaues hält und damit den „Takt“ angiebt. Bei dieser Zugramme ziehen die Arbeiter mittels der Rammstränge stossweise mit einer Hubhöhe von 1,25—1,50 m. Je 25—30

Züge hinter einander bilden eine „Hitze“. Bei der Kunstramme, die ähnlich konstruirt ist, wird beliebig hoch gehoben, 2—8 ^{m}, indem das Rammtau mittels Kurbel auf eine Trommel gewickelt wird, wobei sich der Bär vom Tau löst und frei fällt. Deshalb sind weniger Arbeiter (4—5) nöthig, als bei der Zugramme (13—50), aber der Bär fällt weniger oft. Gewicht des Bären bei der Zugramme 200—600 ^{kg}, bei der Kunstramme 600—800 ^{kg}. Die Dampframmen sind entweder Kunstrammen, bei denen der Bär durch eine Kette ohne Ende mittels Dampfwinde hochgehoben und in der gewünschten Höhe durch einfaches Ausrücken eines Dorns, mit welchem er in die Gliederkette eingreift, ausgelöst und zu Fall gebracht wird, oder sogen. „direkt wirkende“ Dampframmen, bei welchen der Dampf den Bär unmittelbar hebt. Die Hubhöhe hängt bei der ersten Art ganz von der Höhe des Rammgerüstes ab (darf aber natürlich, wenn man den Pfahl nicht zertrümmern will, nicht beliebig gesteigert werden), die Zahl der Schläge ist eine geringe, 3—10 etwa in der Minute. Bärgewicht 700—1500 ^{kg}. Die direkt wirkenden Rammen gestatten sehr rasche Schläge (40—100 in 1 Minute), die den Boden nicht zur Ruhe kommen lassen, was namentlich in Triebsand von Vortheil ist, besitzen aber nur geringe Hubhöhe 0,8—1,5 ^{m}; Bärgewicht bis 2500 ^{kg}. (Weiteres siehe in dem Werke: Brennecke, Der Grundbau, S. 2 u. ff., sowie im Nachtrag dazu, ebenfalls S. 2.)

Schwache Hölzer werden von schweren Rammbären leicht zerschlagen und man muss deshalb, besonders anfangs, bei Spundwänden einen leichten Bär und geringe Hubhöhe anwenden. Zunächst ist eine „Probehitze“ zu schlagen, um das Maass des Eindringens der Pfähle beurtheilen zu können und erst hiernach kann man mit den Rammern Akkord abschliessen. Hierbei ist aber nicht die Zahl der Hitzen, sondern das vollständige Einschlagen der Pfähle bis zur nöthigen Tiefe als Einheit anzunehmen. Wie weit die Pfähle in den gewachsenen Boden eindringen müssen, hängt gewöhnlich von dem Seitendruck ab, dem sie nach dem Ausbaggern der Baugrube Widerstand leisten sollen. Auch ist der Boden vor dem Einrammen so tief als möglich auszugraben und mit dem Eisen zu untersuchen, ob in der Tiefe sich etwa Hindernisse, Baumstämme, Steine usw. vorfinden, die dann zuerst zu entfernen sind. Steine können dabei mittels eines Spülrohres durch einen Druckwasserstrahl oft in einfacher Weise aus der Linie der Spundwand seitlich verschoben werden. Auch bei sehr schwer ziehenden Pfählen ist die Anwendung der Spülung beim Rammen sehr vortheilhaft, da die Reibung dadurch sehr verringert wird. An Nachbargrenzen darf jedoch nicht gespült werden, weil sonst Unterwaschungen der Fundamente daselbst entstehen können. 20 bis 30 Pfähle werden auf einmal gesetzt und, damit sie in ihrer Lage und Reihe bleiben, mit Zangen aus starken Bohlen oder Balkenholz zusammengehalten. Dieselben werden an beiden Enden mit einander und durch einen Pfahl hindurch verbolzt. Letzterer muss natürlich beim Einrammen zurückbleiben, bis die Zangen entbehrlich sind. Es werden so nach Fig. 167 mehrere Zangenpaare über einander angebracht, je nachdem das Rammen vorschreitet. Um einen festen Anschluss der Pfähle aneinander zu bewirken, werden sie mittels eines Keiles am letzten Zangenpaare zusammengetrieben. Die Pfähle sind nunmehr nach der Reihe einzuschlagen, jedoch nicht auf einmal bis zur vollen Tiefe, sondern nur nach und nach, wie sie gerade ziehen. Setzt man die Pfähle einer ganzen Wand zugleich ein, so ist es gut, das Einrammen von den beiden Enden gegen den mittleren Spundpfahl hin auszuführen, damit dieser als Schlusskeil wirkt. Die Ramme muss deshalb öfters versetzt werden, oder besser, man verwendet zwei zugleich. Den mittelsten Pfahl keilförmig zu machen, hat keinen grossen Zweck; im Gegentheil kann das schädlich sein, die Spundwand heraustreiben und eine undichte Stelle verursachen. Gegen dieses seitliche Ausbiegen müssen die Spundwände beim Rammen durch Stützen gegen die Zangen, Fig. 168, gesichert werden.

Nachdem die Spundwand eingerammt ist, versieht man dieselbe mit einem Holm, der an der Unterfläche eine Nuth erhält, in welche die Pfähle mit Zapfen eingreifen. Die stumpfen Stösse des Holms werden durch Eisenschienen verbunden, auch wird der Holm mit Klammern, Fig. 169, gegen Abheben durch das Wasser an den Pfählen befestigt.

Soll die Spundwand später nach Fertigstellung des Mauerwerkes auf der Sohle der Baugrube abgeschnitten werden, so genügt statt dieser theueren Holmkonstruktion die seitliche Anbolzung einer starken einfachen oder doppelten Zange am Kopf der Wand.

Ganz dicht sind hölzerne Spundwände nie zu bekommen und deshalb müssen dieselben während des Auspumpens der Baugrube gedichtet werden, was am besten durch Kalfatern, also durch Ausfüllen der Fugen mit getheertem Hanf geschieht. Um zu verhindern, dass dieser durch den Wasserdruck herausgetrieben wird, können Holzleisten darüber genagelt werden.*) Einen gewissen Schutz gegen Wasserdurchtritt kann man auch durch Benageln mit Segeltuch erzielen, wenn dieses mit einer Mischung aus Holztheer und Pech getränkt wird. Sind durch Ausbrechen eines Pfahles grössere Undichtigkeiten entstanden, so müssen diese durch vorgeschlagene Bohlen gedichtet werden.

Eiserne Spundpfähle kommen beim Hochbau neuerdings häufiger vor, und zwar in solchen Fällen, wo Spundwände unmittelbar an Nachbargrenzen gerammt werden sollen und die Nachbargebäude nach Möglichkeit vor Erschütterungen bewahrt werden müssen. Bequem ist namentlich die Verbindung zweier verschieden grosser Profile von **I** Eisen in folgender Form . Solche Wände lassen sich, da der kleinere Querschnitt und die geringere Reibung den Rammwiderstand sehr verringert, leicht, also ohne erhebliche Stösse eintreiben. Sie

Fig. 167.

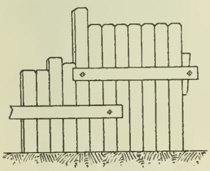


Fig. 168.

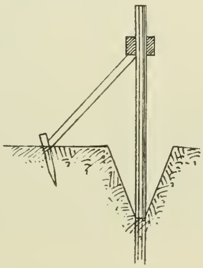
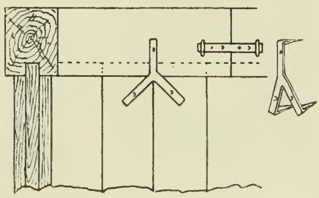


Fig. 169.



sind natürlich wesentlich theurer als Holzpfähle, also nur in dringlichen Fällen zu verwenden. Auch gebraucht man für nicht tiefe Spundwände, welche nur vorübergehendem Zwecke dienen sollen, Wellblech, welches sich leicht in den Boden eintreiben lässt, sehr dicht hält und sich leicht wieder entfernen lässt. Am besten eignen sich Spundwände aus Wellblech für Gründungen einzelner Pfeiler; man setzt dieselben daher zu einem an allen Seiten geschlossenen Kasten zusammen, der in dem Maasse tiefer eingesenkt wird, als der Boden im Kasten ausgehoben ist. Das Rammen eines solchen Kastens würde sich verbieten.

Hat man ausserhalb der Spundwände stehendes oder gar fliessendes Wasser, so reichen Spundwände allein nicht immer aus; man muss dann Fangedämme herstellen. (Als Beweis, was jedoch mit gut gerammten Spundwänden geleistet werden kann, sei angeführt, dass z. B. bei den neueren städt. Spree-Brücken in Berlin bei Wassertiefen bis 4 m stets die einfache Spundwand genügt hat, um die Baugruben trocken zu legen.)

e. Fangedämme.

Für ganz niedrige Fangedämme genügt es, gegen eingerammte, mit einem Holm versehene Pfähle eine sogen. gestülpte Bretterwand zu legen, deren einzelne Bretter unten zuzuschärfen und etwas in den Erdboden einzutreiben sind, Fig. 170. Gegen dieselbe wird dann mit etwas feinem Sande gemischter Thon oder Lehm

*) Ueber Dichtung mit trockenem Sägemehl, das beim Auspumpen der Baugrube von aussen in die Fugen eingesogen wird und eine vortreffliche Dichtung bewirkt, siehe Dtsche. Bauztg. 1892, S. 552.

frei von Wurzeln, Pflanzentheilen usw., geworfen und möglichst fest gestampft. Reinen Thon zu verwenden empfiehlt sich nicht, weil darin leicht, selbst nach dem Einstampfen, hohle Stellen verbleiben. Zu gleichem Zwecke kann man selbstverständlich eine Spundwand benutzen.

Bei tieferem Wasser ist der eigentliche Fangedamm, oder Kastenfangedamm anzuwenden, dessen Breite dem Wasserdruck entsprechend und um so grösser anzunehmen ist, je weniger tief der Fangedamm in den festen Untergrund eingreift; sie wird oft gleich der Höhe angenommen, wenn letztere nicht über 2,5 m beträgt; bei grösserer Höhe $= 1{,}25\,^{m} + {}^{1}/_{2}\,h$. Schwächere Fangedämme müssen abgesteift und durch sehr sorgfältiges Schütten mit gutem Material gedichtet werden. Hierzu kann in besonders schwierigen Fällen, wenn ein Durchspülen zu befürchten ist, fetter Kuhdünger verwendet werden oder bei sehr schwachen Fangedämmen Beton, der mit als Fundament benutzt werden kann, sobald die Spundwand aussen liegt, Fig. 171. Für gewöhnlich liegt dieselbe aber innen, während man die äussere Wand aus wagrechten Brettern oder ganzen Tafeln zwischen 1,25–1,50 m von einander entfernten Pfählen herstellt. Letztere erhalten einen Holm, welcher mit dem der Spundwand in Abständen von 1,50 bis 2,0 m fest verbunden wird. Der Holm liegt, nach Fig. 172, am

Fig. 170.

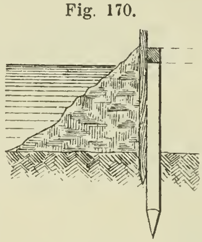
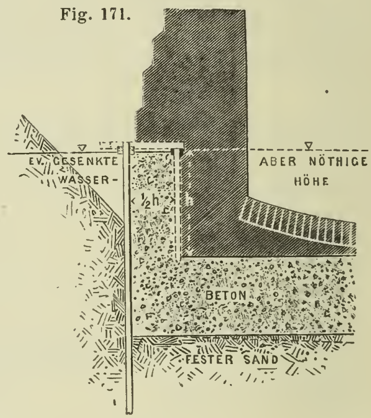


Fig. 171.



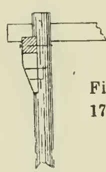


Fig. 172.

Fig. 173.

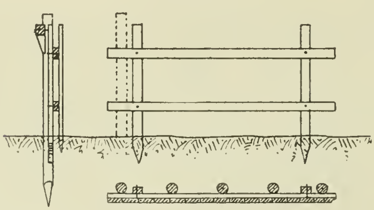
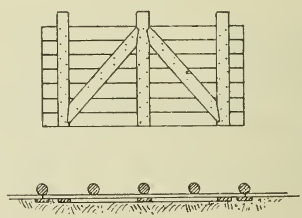


Fig. 174.



besten auf seitlich an den Pfählen befestigten Knaggen und ist nicht etwa, wie bei den Spundwänden, aufzuzapfen. Das Weglassen der Holme, welche das Ausweichen einzelner Pfähle verhindern sollen, ist nicht anzurathen. Die Bretter dieser äusseren Wände werden entweder senkrecht und gestülpt etwas in den Boden eingetrieben und lehnen sich gegen ein Rahmenwerk von starken Bohlen, Fig. 173, oder es werden, nach Fig. 174, ganze Tafeln von 4—6,5 m Länge gebildet, welche sich unmittelbar gegen die Pfähle stützen. Um diese Tafeln wagrecht einlegen zu können, hat man zunächst eine kleine Rinne im Boden auszubaggern. Ebenso ist vor dem Ausfüllen des Fangedammes Schlamm und Moor von dem Boden zu entfernen, damit sich das Füllmaterial gut mit letzterem verbinden kann. Man schüttet es schnell, möglichst von beiden Enden aus, und in ganzer Höhe ein, damit man es gründlich festzustampfen vermag. Zum Verstopfen vorhandener Undichtigkeiten ist recht feiner Sand zu verwenden, welcher wenig Wasser durchlässt. Auch kann man in manchen Fällen Segeltuch hinter die undichte

Stelle bringen, welches durch den Druck des einfliessenden Wassers an die Bretterwand gepresst wird, und darauf Füllmaterial werfen. Trifft ein Fangedamm gegen Mauerwerk oder Spundwände, so ist eine solche Anschlussstelle immer schwer zu dichten. Deshalb muss der Fangedamm dort verbreitert und das Füllmaterial besonders sorgfältig ausgewählt und geschüttet werden.

Wird der Erdkörper undicht, so bleibt schliesslich selten etwas anderes übrig, als ihn auszuheben und neues Füllmaterial einzubringen. Wäscht fliessendes Wasser die vordere Wand aus, so muss man, wie erwähnt, Segeltuch verwenden oder Sandsäcke und Steine an der gefährdeten Stelle versenken.

Bei grossem Wasserdruck sind die Fangedämme, nach Fig. 175 (und 151, S. 66), gut abzustützen, schliesslich gegen die Fundamente des aufzuführenden Bauwerkes, etwa in Abständen von 2 m. Wird die Spundwand sehr hoch, und würden deshalb die Pfähle bei ihrer grossen Länge ausbauchen, so legt man, nach Fig. 176, einen doppelten Fangedamm an. Uebrigens werden oft auch beide Wände eines Fangedammes von Spundwänden gebildet, von denen die äussere durch Abschneiden oder Ausziehen der Bohlen schliesslich entfernt wird, während die innere, wenn Unterspülung der Gebäudefundamente zu befürchten ist, stehen bleibt. Auch kann man manchmal, wie Fig. 177 zeigt, zwei Spundwände mit verschiedenen Wasserständen benutzen.

Bei Felsboden ist die Anlage von Fangedämmen sehr schwierig; dann müssen Löcher gebohrt und eiserne Pfähle eingesetzt, ferner senkrechte Bohlen so lange aufgerammt werden, bis sich deren untere Kanten dem Felsen durch Umlegen der Holzfasern angeschmiegt haben. Alles ist sehr sorgfältig abzusteifen.

Fig. 175.

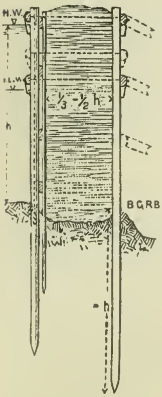


Fig. 176.

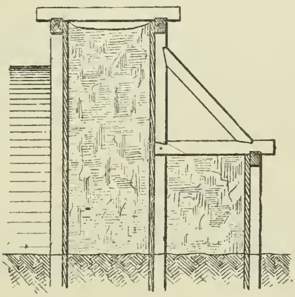
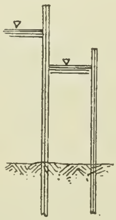


Fig. 177.



Bei wechselndem Wasserstande müssen die Fangedämme noch mindestens 30 bis 50 cm über den höchsten bekannten hervorragen. Ist jedoch bei reissenden Flüssen das Durchbrechen derselben zu befürchten, so ist vorzuziehen, bei Hochwasser die ganze Baugrube vorsichtig mittels eines Schützes usw. unter Wasser zu setzen, weil der dadurch erwachsende Schaden ein viel geringerer sein wird, als wenn das Wasser durchbricht. Sorgfältiges und häufiges Peilen an der Aussenwand des Fangedammes ist nöthig, um beginnende Unterspülung sofort bemerken und Vorsichtsmaassregeln dagegen treffen zu können.

f. Schutz der Fundamente gegen Abgleiten.

Terrassenmauern und Gebäude, an Abhängen errichtet, können in ihrer Standsicherheit gefährdet sein, wenn der sonst sichere Baugrund mit geneigt liegenden Lehm- und Thonschichten durchsetzt ist, welche im Frühjahr durchnässt und schlüpfrig werden. Durch Bodenuntersuchungen muss man sich über derartige Verhältnisse rechtzeitig unterrichten. Gewöhnlich nimmt man an, dass bei Gebäuden in der Nähe von Böschungen die Linie vom äussersten und tiefsten Punkte des Fundamentes nach dem tiefsten Punkte des Abhanges mit der Wagrechten höchstens einen Winkel von 20^0 bilden darf. Oft kann man Bewegungen schon durch tiefere Gründung vorbeugen; wenn dies nicht möglich sein sollte, so müssen Drainirungen zur unschädlichen Abführung des Wassers angelegt werden, wie sie bereits weiter oben beschrieben worden sind. Man kann bei grossen Anlagen — wie z. B. beim Bau der Terrassen der Albrechtsburg bei

Dresden (Zeitschr. f. Bauw.) — sogar gezwungen sein, Stollen zur Ableitung des Wassers bergmännisch in den Abhang zu treiben. (Ueber den Schutz der Fundamente am offenen Wasser s. Brennecke a. a. O. S. 337.)

g. Von den verschiedenen Gründungen.

α. Einfaches Aufmauern.

Bei nicht vorhandenem Grundwasser bietet die Gründung am wenigsten Schwierigkeiten. Es ist zunächst die auf den Fundamenten ruhende Last nach den Angaben auf Seite 32 u. ff. genau zu berechnen und darnach die Breite der Fundamentsohle zu bestimmen. Gut ist es, die Sohle an den Ecken des Gebäudes etwas zu vergrössern. Gewöhnlich werden die Grundmauern aus natürlichen Steinen hergestellt, welche billiger als künstliche sind. Je grösser und lagerhafter das Material ist, desto besser ist es. Sehr dickes und tiefreichendes Mauerwerk erfordert, auch wenn kein Grundwasser vorhanden ist, die Verwendung von hydraulischem Mörtel, weil Luftmörtel im Inneren desselben überhaupt nicht erhärten würde (s. auch S. 11).

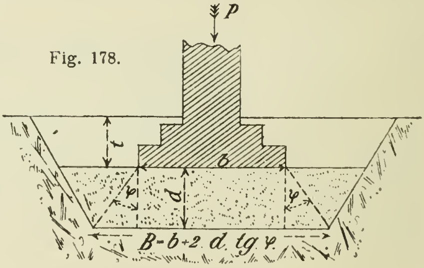
β. Steinpackung.

Einen stark pressbaren Boden durch Rammen tragbar zu machen, gegebenenfalls auch dadurch, dass man mehrere 30 cm starke Lagen von Steinstücken einrammt, ist immer ein sehr unsicheres Verfahren. Jedenfalls muss dabei der Untergrund eine ganz gleichmässige Beschaffenheit haben; auch kann das Verfahren nur bei ganz untergeordneten Gebäuden angewendet werden. Dasselbe gilt von der trockenen Packung grösserer, plattenförmiger Steine im Verbande, es sei denn, dass hierbei das im Absatz h zu Fig. 211a u. b angegebene Verfahren befolgt werde.

γ. Sandschüttung.

Eine Verbesserung des Baugrundes durch Sandschüttungen ist bei Hochbauten sowohl über als auch unter Grundwasser angewendet worden; diese Art Gründung eignet sich, wenn der Boden gleichmässig und stark zusammendrückbar ist. Besonders grobkörniger und scharfer Sand hat die Eigenschaft, dass die Körner sich so fest an einander legen, dass eine gewisse Spannung eintritt. Es wird gewöhnlich angenommen, dass die Ausbreitung des Druckes unter einem Winkel von 45° erfolgt, doch ist das nicht ganz richtig. Günstigenfalls dürfte die Böschungslinie der Verbreiterung (Fig. 178) mit der Senkrechten den natürlichen Böschungswinkel φ einschliessen. Je kleiner also dieser natürliche Böschungswinkel der betreffenden Sandart ist, desto stärker wird man die Schüttung machen müssen, um eine genügende Vertheilung der Last auf den Baugrund herbeizuführen. Ungünstig wird der Böschungswinkel beeinflusst, sobald die Schüttung unter Wasser erfolgt, weshalb sie auch hier stärker als bei trockenem Boden sein muss. Durch Versuche sind diese Angaben noch nicht genügend festgestellt, weshalb sich die Tragfähigkeit einer Sandschüttung rechnungsmässig nicht mit Sicherheit feststellen lässt. Probebelastungen sind hierbei also sehr empfehlenswerth. Für eine Sandschüttung über Grundwasser ist $\varphi = 40^0$ anzunehmen und darnach $K = \frac{P}{b + 1{,}678\,d} + 1800\,(d + t)$, für eine solche unter Grundwasser dagegen $\varphi = 24^0$ und dann $K = \frac{P}{b + 0{,}89\,d} + 2000\,(d + t)$. Hierin ist K die zu-

Fig. 178.



lässige Belastung des Baugrundes, b die Breite der gemauerten Fundamentsohle, t die Tiefe derselben unter Erdoberfläche, d die gesuchte Stärke der Sandschüttung und P die Belastung des Bauwerks für 1 m Länge des Fundaments in Höhe der Erdoberfläche. Eine Sandschüttung kann eine allgemeine Senkung des Gebäudes nicht verhindern, aber sie wird eine Sohle bilden, welche den Druck des Bauwerks auch über losere Stellen des Baugrundes mehr gleichmässig auf festere überträgt. Es ist dafür zu sorgen, dass die Schüttung nicht mit der Zeit seitwärts ausweichen kann, was besonders bei wechselndem Grundwasserstande geschehen könnte. Zur Verhütung bringt man Umschliessungen mit Spundwänden an, die bei Grundwasser schon nöthig sind, um die Baugrube ausbaggern zu können.

Die Sandschüttung erfolgt in Lagen von 15—30 cm, wird gestampft, oder besser, gewalzt und eingeschlämmt. Bei Grundwasser ist zum Zweck des Einschlämmens dasselbe aus einem tiefer gelegenen Sumpfe auszupumpen. Die Stärke der ganzen Schüttung beträgt gewöhnlich 1,0—2,0 m.

Eine 2 m starke Schüttung soll einen Druck von 20—30 000 kg für 1 qm aushalten können. Einstweilige Belastung durch Baumaterial, langsamer und gleichmässiger Aufbau, sowie die Verwendung von schnell bindendem Mörtel ist zu empfehlen. (S. darüber auch Brennecke, a. a. O. S. 120.)

δ. Betonbettung.

Die Gründung mittels Beton kann statt einer Sandbettung ausgeführt werden bei stark pressbarem Boden und an Orten, wo geeigneter Sand nicht zur Verfügung steht, hauptsächlich aber zwischen Spundwänden da, wo starker Wasserzudrang die Aufmauerung der Fundamente verhindert. Das Wesentliche über Beton und dessen Bereitung ist schon auf S. 27—29 mitgetheilt; hier wird nur noch ergänzend Folgendes bemerkt. Als Steinmaterial kann man Ziegelbrocken, groben Kies, besser jedoch geschlagene, natürliche, wenig poröse Gesteine, Granite, Basalte, Kalksteine usw. benutzen. Der einzelne Stein darf einen Durchmesser bis 5 cm haben. Auch grober, scharfer Sand kann statt des Kieses besonders dann verwendet werden, wenn es auf Dichtigkeit der Betonlage ankommt. Für Hochbauten erfolgt die Bereitung des Betons gewöhnlich mit Handbetrieb, und es wird hierbei folgendermaassen verfahren: die zerschlagenen Steine sind zunächst durch ein Sieb von 1,5 cm Maschenweite zu werfen, darauf in Karren mit eisernem Rost oder sonstwie durchlochtem Boden unter eine Pumpe oder Wasserleitung zu bringen und so lange zu begiessen, bis das Wasser klar abläuft. Dies ist besonders bei porösen Steinen, Ziegeln, Sandsteinen usw. nothwendig, auch damit sie Wasser aufnehmen, welches sie sonst dem Mörtel entziehen würden. Bei Verwendung der meist benutzten Mischung, 1 Th. Zement, 3½ Th. Sand, 7 Th. Steine, sind etwa 0,14 cbm Sand auf eine Kalkbank zu schütten, ferner 0,04 cbm Zement zuzusetzen und trocken mit dem Sande durchzuarbeiten. Hierauf ist mittels einer mit Brause versehenen Gieskanne Wasser darüber zu giessen und die weitere Mischung auszuführen. Um die Möglichkeit des vorzeitigen Abbindens zu verringern, sind für diese Arbeit zwei Kalkbänke (Pritschen) unter einem Schutzdache nothwendig, eine für die trockene Mischung, die andere für die nasse. Die Bereitung des Betons selbst geschieht hierauf auf einem 1,50 m breiten und 3 m langen Bretterboden mit etwa 10—13 cm hohen Rändern. Auf diesem werden 0,28 cbm Steine ausgebreitet, mit dem fertigen Mörtel bedeckt und so vermengt, bis sämmtliche Steine damit gleichmässig überzogen sind. Dies ist die Betonmenge, welche ein Senkkasten gewöhnlicher Art fasst. (Siehe vollständige Angaben über Betonbereitung und namentlich auch auf maschinellem Wege in „Der Portlandzement, 2. Aufl., von Büsing & Schumann, Berlin, 1899".)

Soll Betonirung statt der Sandschüttung in trockenem aber pressbarem Boden ausgeführt werden, so genügt im allgemeinen die Stärke von 0,70—1,0 m. Es ist anzunehmen, dass bei einer Druckvertheilung unter 45° eine Betonschicht von 1 m Stärke bei wenig pressbarem Baugrunde die Last von 4—5 kg für 1 qcm Nutzfläche mit Sicherheit tragen kann, nur 2,5 kg bei pressbarem und ungleichmässigem Baugrund. Besser ist es jedoch, wenn man die Betonplatte nur ¾ ihrer Stärke über die Fundamentsohle hervorragen lässt. Die Betonirung ist in verschiedenen Lagen möglichst rasch auszuführen, fest zu stampfen und abzudecken, um den

Zutritt ausdörrender Luft zu verhindern, auch längere Zeit feucht zu halten, weil sonst zu befürchten ist, dass der Beton vermöge zu grossen Feuchtigkeits-Verlustes nicht gut erhärtet. Schon nach 14 Tagen kann man mit der Aufmauerung beginnen.

Am meisten werden Betonirungen mit Wasserzudrang zwischen Spundwänden ausgeführt. Bei denselben ist die grösste Vorsicht anzuwenden und hauptsächlich beim Versenken des Betons und beim Erhärten desselben jedes Wasserschöpfen zu vermeiden, weil das aufquellende Wasser zunächst den Untergrund lockern, dann aber den Zementmörtel ausspülen würde. Der Boden zwischen den Spundwänden wird zunächst soweit als möglich ausgegraben, unter Wasser dann ge-

Fig. 179.

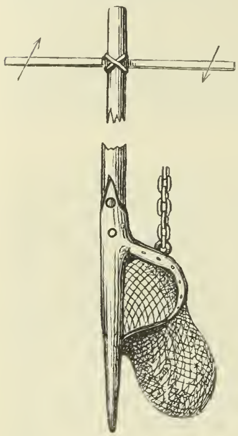


Fig. 181.

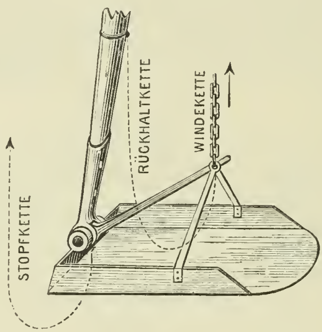


Fig. 180.

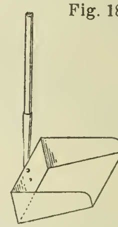
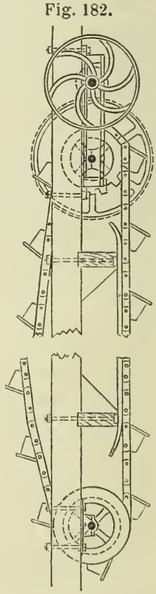


Fig. 182.



wöhnlich mittels des Sackbaggers, Fig. 179, der Schaufel oder des Kratzers, Fig. 180, seltener mit der indischen Baggerschaufel oder grösseren Hand- und Dampfbaggern ausgehoben. Die indische Baggerschaufel, welche bis zu einer Tiefe von 6,0 m anwendbar ist, Fig. 181, ist eine starke, um ein Scharnier drehbare Schaufel, welche in senkrechter Stellung in den Beton gestossen und dann unter kräftigem Druck auf die Baggerstange mittels der Windekette in wagrechte Lage gebracht und hochgehoben wird. Sie erfordert 6—8 Mann zur Bedienung und eignet sich nicht für leichten Schlamm und festen Thon und Lehm. Gewicht 45 kg. Der Eimerbagger mit Handbetrieb, der auch häufig beim Hochbau gebraucht wird, ist in Fig. 182 dargestellt. Die Eimerkette mit Eimern von 5—10 l Inhalt befindet sich sammt dem Windewerk zwischen zwei lothrechten Pfosten, läuft über gezahnte Räder und gleitet bei grösserer Länge an Streichschienen, die auf Klötzen befestigt sind. Zur Bedienung sind ausser dem Baggermeister 16 Mann nöthig. Mittels des Kratzers kann man bis 2 m Wassertiefe, mittels der Schaufel und des Sackbaggers jedoch bis 6 m, mittels des Eimerbaggers bis zu noch grösserer Tiefe ausbaggern. Grössere Steine sucht man möglichst durch Umbaggern zu senken und dann im Grunde zu lassen. Ist das nicht angängig, so müssen sie mit der Teufelsklaue oder dem eisernen Rechen usw. herausgezogen werden, Baumstämme unter allen Umständen. (S. darüber Brennecke, a. a. O. S. 27.) Letztere können auch mittels Brechstangen, Meisselbohrer usw. zerstört werden. Nachdem so die Baugrube ausgebaggert ist, erfolgt die Herstellung des Betonbettes.

Betongründungen sind besonders in **Hamburg** sehr üblich, wo man der Platte gewöhnlich die Stärke von 1—1,25 m giebt. Bei schweren Gebäuden,

oder wo der Baugrund besonders wandelbar ist, rammt man mit 1 m Abstand Pfähle in den Grund, und schüttet auf und zwischen den Köpfen derselben die Betonplatte. Oder auch, man schüttet zunächst eine schwache Lage von Beton und streckt auf dieser an den Stellen, auf welche die tragenden Wände zu stehen kommen, je zwei **I** Träger von 15—20 cm Höhe, die an Ecken aber nicht mit einander verbunden werden; bei Zwischenwänden genügen je ein Träger. Dieser eiserne Rost wird in eine zweite, obere Betonlage eingebettet. Auf einer 3,45 m starken Betonplatte steht der 130 m hohe Thurm der Nikolaikirche in Hamburg; die Platte unter der Kirche hat 2,5 m Stärke erhalten.

Fig. 184 a, b u. c.

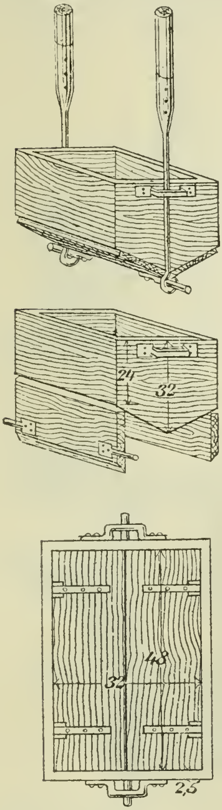


Fig. 183 a.

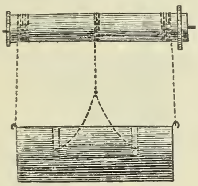


Fig. 183 b.

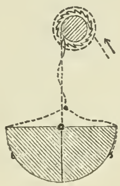


Fig. 183 c.

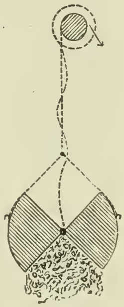
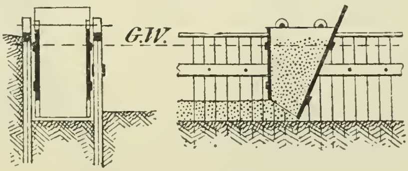


Fig. 185 a u. b.



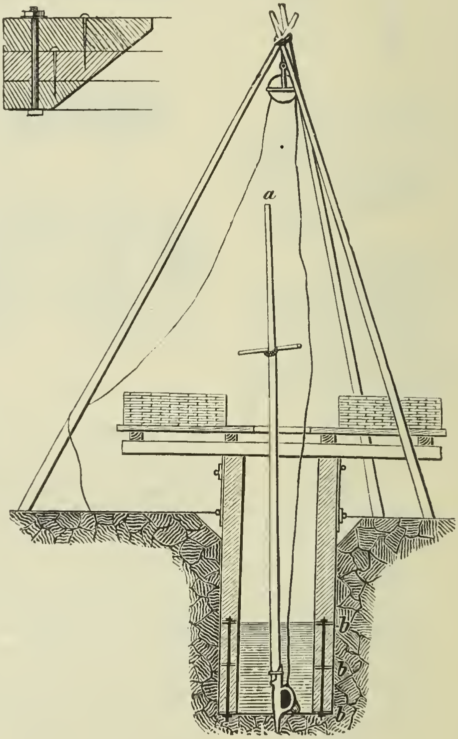
Die Stärke des Betonbettes beträgt, wenn Bruch durch Auftrieb zu befürchten ist, $d = \frac{t}{g}$, worin t die Wassertiefe (in m) und g das Gewicht von 1 cbm Beton bedeuten, welches 2000—2200 kg ist. Wird die Betonplatte auf Biegung oder Abscheeren beansprucht, so sind genauere Rechnungen nöthig, worüber besonders in Brennecke, a. a. O., zu vergleichen ist.

Die Versenkung des Betons geschieht schichtweise, damit etwaige undichte Stellen durch eine spätere Schicht überdeckt werden, und muss rasch hinter einander erfolgen; doch darf das Senken und Ausschütten der Kästen nur sehr langsam und vorsichtig geschehen, damit der Mörtel nicht ausgespült wird. Am besten werden halbzylinderförmige Kästen aus Eisen, Fig. 183 a, b und c, mit etwa $^1/_3$ cbm Inhalt benutzt, welche an fahrbaren Bockwinden hängen, um jeden Punkt der Baugrube erreichen zu können. Bei sehr grossen Baugruben werden die Winden auf Flösse von Petroleumtonnen oder auf Prähme gestellt. Bei kleineren Baugruben kann man hölzerne Senkkästen, Fig. 184 a, b, c, oder hölzerne Trichter, Fig. 185 a u. b, benutzen, die besonders auch für Ecken brauchbar sind. Doch müssen bei Trichterschüttung sich die einzelnen Schichten des Betons kreuzen, nicht lang über einander liegen. Im übrigen ist auch bei grossen Baugruben die Anwendung von Trichtern, die dann in Eisen zu konstruiren sind und auf Laufwagen und Schiebebühnen ruhen, möglich. Namentlich im Brückenbau wird die Trichterschüttung vielfach vorgezogen.

Das Stampfen und Ausbreiten des Betons nach der Schüttung ist durchaus zu vermeiden, weil dadurch der Mörtel von den Steinen fortgespült und der Zement als Schlamm oben liegen bleiben würde. Das Auspumpen der Baugrube

darf erst erfolgen, wenn der Beton gänzlich erhärtet ist, was man mittels eines Visitireisens ermitteln kann, jedenfalls nicht vor 14 Tagen bis vier Wochen, wobei die Höhe des Wasserdruckes, die Grösse der Baugrube, die Stärke des Betons und namentlich auch das Mischungsverhältniss mitsprechen; im Herbst und Frühling bei niedrigen Temperaturen können bis sechs Wochen und mehr nöthig sein. Besonders kann auch irgendwie, z. B. durch die Abflüsse chemischer Fabriken, verunreinigtes Grundwasser das Abbinden des Zementes verzögert oder auch ganz verhindert werden. Finden sich nach dem Auspumpen undichte Stellen im Beton vor, so bleibt nichts übrig, als im Mauerwerk kleine Kanäle offen zu lassen, durch welche das Wasser nach dem Pumpensumpf abfliessen kann, da es sonst den Mörtel aus den Fugen spülen würde. Einzelne Quellen lassen sich auch durch Aufsetzen von Rohren abfangen, in denen das Wasser bis zur Höhe des ungesenkten Wasserspiegels ansteigen kann. Hierüber, so wie über sonstige Mittel zur Quellendichtung s. in „Der Portlandzement usw". a. a. O., sowie in Brennecke.

Fig. 186. Fig. 187.



ε. Gründung mittels Senkbrunnen aus Mauerwerk oder Holz.

Brunnen aus Mauerwerk erhalten zunächst unten einen zugeschärften Kranz von mehreren zusammengenagelten oder verbolzten Bohlen- oder Bretterlagen, Fig. 186, welcher genau der Dicke und dem Umfang des Mauerwerks entspricht. Gewöhnlich wird derselbe mit einigen 1,0—1,5 m langen, eisernen Ankern senkrecht mit dem darüber herzustellenden Mauerwerk und einem darin liegenden Ringe von Flacheisen verbunden. Die günstigste Form solcher Brunnen ist die runde, mit der lichten Weite von 1,25—2,0 m; doch findet man dieselben auch hin und wieder aus vier einzelnen flachen Bögen zusammengesetzt. (Im übrigen lassen sich auch quadratische, rechteckige und vielseitige Brunnen ausführen, was bei Ingenieurbauten häufiger geschieht.) Eine geringe Verjüngung des unteren Theiles der Brunnen nach oben zu verringert wesentlich die Reibung beim Einsenken. Um letzteres bewerkstelligen zu können, wird zunächst die Grube so tief als möglich ausgehoben, auf ihre Sohle der Brunnenkranz gelegt und hierauf der Brunnen bis etwa 1,5—2 m über Geländehöhe in Zementmörtel aufgemauert. Seine Aussenwände sind mit Zementmörtel glatt zu putzen, einmal damit er leichter in die Erde eindringt, dann aber auch, damit er wasserdicht ist, wenn später das Auspumpen erfolgen muss.

Nachdem das Mauerwerk erhärtet ist, wird durch darüber gelegte Hölzer ein Podium gebildet, in dessen Mitte sich eine Oeffnung befindet, um den Sackbagger oder ein anderes, s. Fig. 179—182 beschriebenes Baggerinstrument durchstecken zu können, Fig. 187. Ueber dem Ganzen steht ein Dreifuss mit Rolle, wie beim Ventilbohrer, mittels dessen der Sackbagger, nachdem er durch Drehen um seine senkrechte Axe gefüllt ist, herausgezogen wird. Die Erde wird zumtheil auf

dem Podium gelagert, um durch ihre Schwere das Sinken des Brunnens zu beschleunigen. Damit das Mauerwerk nicht reisst (was namentlich bei Boden mit Schichten wechselnder Festigkeit leicht vorkommen kann), wird es über senkrecht angelegten Brettern mit Ketten oder Tauen umwunden, welche durch Knebel gehörig anzuspannen sind. Hindernisse, wie Baumstämme und grosse Steine, welche sich, wenn nicht schon beim Baggern selbst, so durch das Schiefstellen des Brunnens kenntlich machen, müssen beseitigt werden, sonst würde das Mauerwerk bald Risse bekommen; deshalb lässt sich diese Gründungsart bei sehr unreinem Boden überhaupt nicht ausführen. Sobald der Brunnen den festen Baugrund erreicht hat, wird etwa 1 m hoch Beton eingeschüttet (unter der entsprechenden Vorsicht gegen Ausspülen), nach dessen Erhärtung mit dem Auspumpen und Ausmauern begonnen werden kann. Die Wandstärke kleiner Brunnen bis zu 1,25 m D. ist zu 1 Stein, grösserer zu $1^1/_2$ bis 2 Stein anzunehmen.

Fig. 189.

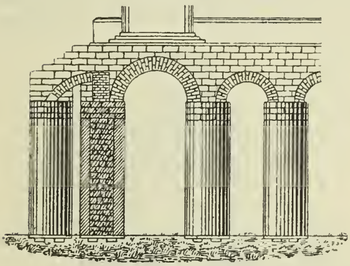


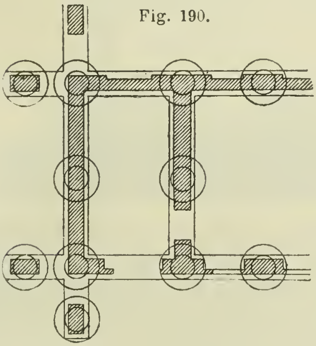
Fig. 188.



Die Gründung mittels **hölzerner** Senkbrunnen erfolgt ganz ebenso. Bei kleineren Abmessungen werden vier unten zugespitzte Eckstiele, Fig. 188, mit etwa 5—6,5 cm starken Bohlen wagrecht benagelt.

Um den Reibungswiderstand zu verringern, müssen auch die Kasten nach oben zu verjüngt und sämmtliche Bohlen gemessert, d. h. zugeschärft sein. Grössere Kästen erhalten sechs oder acht Stiele, welche vorläufig abgesteift werden. Diese Steifen sind aber beim Baggern hinderlich. Im übrigen ist die Ausführung genau wie bei den gemauerten Brunnen; nur muss der Beton bis zur Höhe des Grundwasserstandes geschüttet werden. Bei grösseren Tiefen sind die Kästen aufzupfropfen so zwar, dass man die Stiele in verschiedenen Höhen aneinander blattet und verbolzt.

Fig. 190.



Die Gründung mit Senkbrunnen (hölzernen und gemauerten) erfolgt bis zu 12 m Tiefe und mehr.

Gewöhnlich wird unter jedem Fensterpfeiler ein Brunnen versenkt, ebenso an den Ecken und den Kreuzungspunkten der Innenmauern. Dieselben werden, nachdem sie ausgemauert, mit Rund- oder Flachbögen überspannt und, besonders letztere, verankert, auch in diagonaler Richtung, um das Ausweichen der Brunnen zu verhindern. An den Hauptecken ordnet man zu demselben Zweck wohl auch zwei kleine Brunnen ausserhalb, oder einen in diagonaler Richtung an, deren Bögen als Gegenstreben dienen, Fig. 189 u. 190. Hat das Gebäude einen Keller, so schneidet dessen Pflaster mit der Unterkante des Scheitels der Bögen ab, hat es keinen, so reicht die Oberkante des Scheitels bis zur Geländehöhe.

Jeder Gründung mit Senkbrunnen hat eine genaue Berechnung der Belastung des Baugrundes durch dieselben und durch das ganze Gebäude vorauszugehen. Diese Belastung darf nicht grösser sein, als die gewöhnlicher Grundmauern.

Sowohl bei Brunnen wie bei Senkkästen ist die ausgebaggerte Bodenmasse stets grösser, als der Inhalt des Brunnenhohlraumes, weil unter den Schneiden seitlich von aussen Boden zurutscht. An Nachbargrenzen ist dies durch vorsichtige Absenkung möglichst zu verhüten.

ζ. Gründung mittels Holzkonstruktionen (Schwellrost und Pfahlrost).

Als Regel bei Gründungen mit Holzkonstruktionen ist festzuhalten, dass die Oberkante derselben mindestens 30 cm unter dem niedrigsten bekannten Grundwasserspiegel liegen muss, weil sonst das Holz faulen würde. Bei fehlendem Grundwasser sind also Holzgründungen unanwendbar.

Man unterscheidet den „liegenden“ oder Schwellrost und den Pfahlrost. Der liegende Rost wird zumtheil in denselben Fällen für leichtere Bauwerke ausführbar sein, wo Sandschüttung brauchbar wäre. Bei liegendem Rost muss die Baugrube ausgepumpt werden, was bei Sandschüttung unnöthig ist. Es ist also bei Rostgründungen das Einrammen von Spundwänden kaum zu vermeiden und schon deshalb geboten, um ein seitliches Ausweichen des nachgiebigen, pressbaren Baugrundes zu verhindern. Der liegende Rost kann demnach bei gleichmässiger, weicher Bodenart verwendet werden, welche ein gleichmässiges Setzen des Gebäudes erwarten lässt.

Bei sehr untergeordneten Gebäuden gebraucht man den Bohlenrost. Zu dessen Herstellung werden auf die gestampfte und wagrecht abgeglichene Sohle der Baugrube 8—10 cm starke Bohlen parallel mit den langen Seiten der Mauer

Fig. 192.

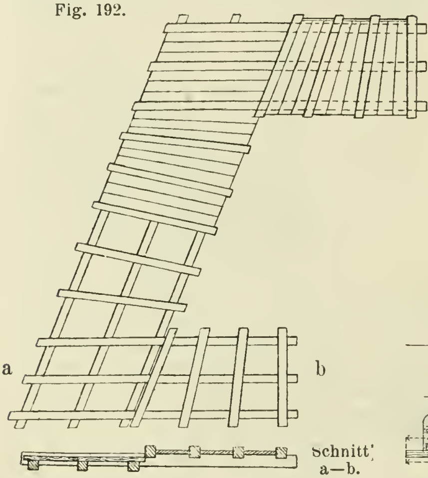


Fig. 191.

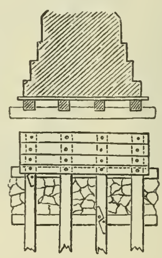
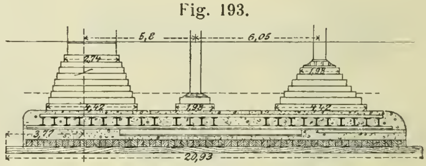


Fig. 193.



gelegt und zwar so weit im Lichten von einander, als es das für das Mauerwerk zu verwendende Gestein gestattet; jedoch nicht weiter als die Breite der Bohlen. Besser ist es, auf der Sohle der Baugrube in Abständen von 1 bis 1,75 m Bohlen nach der Breite der Mauer zu legen und auf diese nach der Längsrichtung eine zweite Bohlenlage aufzubringen und festzunageln. Die Bohlen der Decklage dürfen natürlich nur über einer Querbohle gestossen werden.

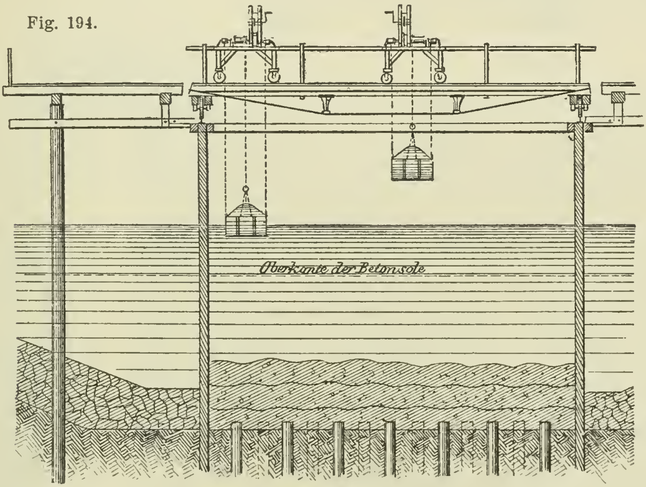
Weit solider ist der Schwellrost. Die Querschwellen, 24 bis 30 cm breit und 16 bis 24 cm hoch, ruhen in Abständen von 1—1,75 m auf dem Boden wagrecht auf. Darauf werden die Langschwellen von $^{18}/_{20}$, $^{20}/_{24}$, $^{20}/_{26}$ oder $^{24}/_{30}$ cm starkem Holz 5 cm tief verkämmt. Müssen zwei solcher Schwellen gestossen werden, so geschieht dies mittels des schrägen Hakenblattes, oder sie stossen stumpf aneinander und werden mittels eiserner Klammern verbunden, Fig. 191. Auf einer Rostschwelle darf immer nur ein Stoss stattfinden. Die Rostfelder sind mit festgestampftem Thon, Lehm. Bauschutt oder dergleichen auszufüllen; besser ist jedoch die Verwendung von Beton oder Ausmauerung in hydraulischem Mörtel. Zuletzt werden sie mit 8 13 cm starken Bohlen abgedeckt, die mit hölzernen Nägeln zu befestigen sind und deren Enden, ebenso wie die der Querschwellen, um 20—40 cm die Kante des Fundamentmauerwerks überragen. Die Spundwand darf nie mit dem Schwellrost in Verbindung stehen, weil sie sonst das Setzen hindern und schiefe Lage des Rostes bewirken würde.

Bildet der Schwellrost eine Ecke, Fig. 192, so schiessen die Langschwellen des einen Theiles über die des anderen fort. Auf diese Weise liegt der Bohlenbelag des einen Theiles höher, als der des anderen; doch müssen beide noch vom Grundwasser bedeckt sein. Aus Billigkeitsgründen legt man den kürzeren oder schmaleren Theil tiefer, schon um beim Wasserpumpen zu sparen. Das Mauerwerk muss langsam und gleichmässig aufgeführt werden, vor der vollen Belastung unten fest sein und unter grossen Oeffnungen im Zusammenhang bleiben, u. Umst. durch umgekehrte Bögen, damit möglichst gleichmässiges Setzen erreicht und Trennungen und Risse im Mauerwerk vermieden werden.

Bei den grossen amerikanischen Geschäftshäusern, namentlich in Chicago sind vielfach Schwellroste hergestellt, die aus mehreren sich kreuzenden Lagen hoher eiserner **I** Träger gebildet sind, welche mit Beton ausgestampft werden, Fig. 193.

P f a h l r o s t heisst ein von eingerammten Pfählen getragener Schwellrost. Schlechter Baugrund kann entweder in durch Pfähle zu erreichender Tiefe festen Boden unter sich haben oder nicht. Im ersten Falle werden die Pfähle noch ein kurzes Stück in den festen Boden eingerammt. Sie können dann im Verhältniss

Fig. 194.



ihrer Druck- bezw. Knickfestigkeit belastet werden. Im zweiten Falle wird der weiche Boden durch die Pfähle verdichtet und diese tragen durch Reibung. Die Verdichtung des Baugrundes nimmt aber mit der Zeit wieder etwas ab, weil die Pressung, in welcher das Erdreich sich befindet, sich etwas ausgleicht. Dies sieht man daraus, dass Pfähle, die man schon bis zum Stillstande eingetrieben hatte, nach Verlauf einiger Zeit sich tiefer rammen lassen. Eine Berechnung der Tragfähigkeit solcher Pfähle kann daher nur zu sehr unsicheren Ergebnissen führen und deshalb müssen in solchem Falle stets P r o b e b e l a s t u n g e n vorgenommen werden.

Statt des auf den Pfählen lagernden Rostes wird mitunter über die Köpfe der nach dem Rammen über der Fundamentsohle abgeschnittenen Pfähle hinweg eine Betonschüttung ausgeführt, so dass, nach Fig. 194 die Pfähle etwa noch 30 cm in den Beton hineinreichen.

Zu den Rostpfählen nimmt man am besten harzreiches Kiefernholz, weil dies am geradesten gewachsen ist; doch ist auch Buchen, Ellern und Eichenholz brauchbar, besonders letzteres für L a n g p f ä h l e, welche mit einem Theile ihrer Länge aus dem Wasser oder Boden hervorragen, wie bei hölzernen Brücken. Für Pfahlroste werden nur G r u n d p f ä h l e verwendet.

Rostpfähle dürfen in der Mitte für 1 m ihrer Länge höchstens 1,5 cm Abweichung von der geraden Linie haben, also z. B. 8 m lange Pfähle höchstens 12 cm.

Nasses Holz ist besser als trockenes, weil letzteres beim Rammen leicht spaltet und reisst. Die Pfähle müssen von Rinde, Knorren, Astknoten usw. befreit werden, sind aber nicht zu beschlagen, um sie nicht unnöthig zu schwächen. Die Länge derselben ist, wo in gewisser Tiefe guter Baugrund vorhanden, ja leicht zu ermitteln, wo jedoch ein solcher nicht zu erreichen ist, thut man gut, einige Probepfähle einzurammen. Gewöhnlich sieht man als genügend an, wenn dieselben nach 25 Schlägen mit dem Rammbär nur noch 5 cm eindringen, wobei

Fig. 195.



Fig. 196.

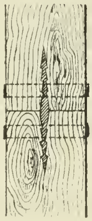


Fig. 197.



Fig. 198.



Fig. 199.



Fig. 200.

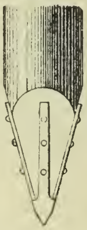
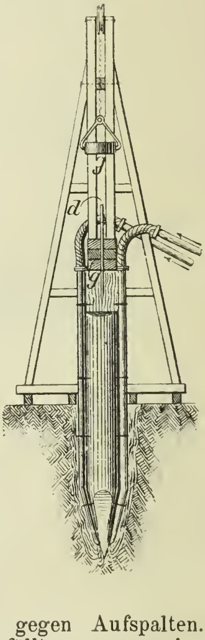


Fig. 201.



eine Zugramme mit einem Bärgewicht von 300 kg und einer Hubhöhe von 1,25 m vorausgesetzt ist. Bei Anwendung einer Kunstramme und eines 500 kg schweren Bärs darf der Pfahl bei den letzten 10 Schlägen und einer Hubhöhe von 6 m nicht mehr als 10 cm eindringen; doch sind bei schwierigen Gründungen genauere Proben bezw. Rechnungen nothwendig. S. a. Brennecke a. a. O. S. 143 und Centr.-Bl. der Bauverw. 1896 S. 145, 190 u. 533. Ueber das Einschlagen ist ein genaues Rammregister zu führen, in welchem die Nummern der Pfähle, ihre Längen und Stärken, die Anzahl der Hitzen, welche zu ihrem völligen Eintreiben erforderlich waren, usw. zu notiren sind. Im übrigen wird wie beim Einrammen der Spundwände verfahren. Trifft der Pfahl auf einen harten Gegenstand, so giebt sich das durch einen hellen Klang und das Zurückprallen des Bärs zu erkennen. Mit dem Sondireisen ist die Lage des Hindernisses genau zu ermitteln. Ist es nicht möglich, dasselbe zu entfernen, so muss der Pfahl herausgezogen oder abgeschnitten und ein neuer daneben gerammt werden. Sind die angeschafften Pfähle zu kurz, so kann man sie entweder dichter schlagen, oder man muss zum Aufpfropfen schreiten, Fig. 195 und 196, was immer misslich ist. Es ist deshalb vorzuziehen, die Pfähle 30 bis 50 cm länger zu bestellen und das Ueberflüssige schliesslich abzuschneiden. Alle Pfähle müssen bis etwa 60 cm unter den niedrigsten Grundwasserstand gerammt werden. Der Kopf wird oben etwas konvex, Fig. 197, abgerundet, damit der Bär immer die Mitte trifft, der Rand etwas abgekantet. Ein starker eiserner Pfahlring schützt, wie bei den Spundwänden, gegen Aufspalten.

Sind die Pfähle tiefer zu schlagen, als der Rammbär fällt, so muss eine sogen. „Jungfer" oder ein „Knecht" zuhilfe genommen werden, Fig. 198. Dieses Zwischenstück, ein kurzer Baumstamm mit eisernen Ringen und eisernem Dübel versehen, wie bei den Aufpfropfungen, hat eine Führung durch Arme, welche es mit dem Rammgerüst verbinden und es in seiner Lage festhalten. Aufpfropfen und Jungfer geben immer ein ungünstigeres Resultat beim Rammen, als wenn ein Pfahl unmittelbar geschlagen wird; er „zieht" schlechter. Aufpfropfungen mehrerer Pfähle dürfen nicht gleichmässig in einer Wagrechten vorgenommen werden, da sonst der Rost umkippen könnte.

Die Stärke eines Pfahls soll ungefähr der Formel entsprechen: $d = 12 + 3\,l$ oder $= 15 + 2{,}75\,l$, worin l die Pfahllänge in ^{m} bedeutet und d in ^{cm} verstanden ist.

Stehen die Pfähle mit den Spitzen in festem, unnachgiebigem Boden, so kann man sie so stark belasten, als die Knickfestigkeit gestattet. Gewöhnlich nimmt man als zulässige Belastung etwa 20 ^{kg} für 1 ^{qcm} Pfahlkopf bei langen Pfählen und etwas lockerem Boden, 40 ^{kg} bei kurzen Pfählen und festerem Boden an.

Die Pfähle erhalten unten eine vierseitige, etwas abgestumpfte Spitze, Fig. 199, bei steinigem Boden mit schmiedeisernem, 7,5—10 ^{kg} schwerem Schuh, Fig. 200. Kommt ein schräg wirkender Druck auf den Pfahlrost, so müssen wenigstens die äusseren Pfähle schräg eingeschlagen werden und erhält der Rost eine rechtwinklige Lage zur Drucklinie, wenn das auch bedeutend mehr Schwierigkeiten beim Rammen verursacht. Sämmtliche Pfähle müssen bei schräg wirkender Belastung 2—3 ^{m} tief im festen Boden stehen oder auch durch schräg geschlagene Strebepfähle in ihrer Richtung festgehalten werden. Das Einschlagen derselben beginnt oft mit einem leichten Bär, während sie später mit einem schweren Bär zur ganzen Tiefe eingerammt werden.

Fig. 202 a u. b.

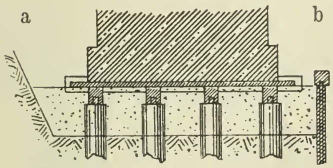
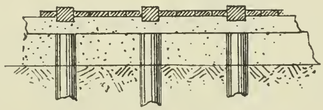


Fig. 202 c.



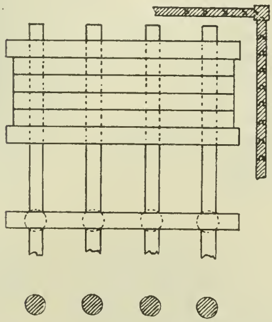
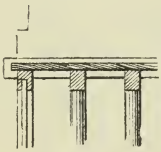


Fig. 203.



Man bedient sich darnach zuweilen anfangs der Zugramme, später der Kunst- oder Dampframme.

Bei feinem Sand-, ja selbst Kiesboden empfiehlt sich das Einspülen der Pfähle, das schon bei den Spundwänden als Hilfsmittel erwähnt wurde. Fig. 201. Zwei etwa 5 ^{cm} weite schmiedeiserne Rohre sind mit Haken am Pfahl befestigt und stehen mit der Wasserleitung, einem Pulsometer usw. in Verbindung. Das unten an der Pfahlspitze ausströmende Wasser verursacht das Einsinken der Pfähle, welches durch Auflegen von Gewichten befördert werden muss. $^5/_6$ der Pfahllänge werden so eingespült, das letzte Sechstel ist nach dem Herausziehen der Rohre einzurammen. Hauptvortheile dieser Ausführungsart sind Kosten- und Zeitersparniss; Hindernisse werden meistens bei Seite gespült. Es können auch Einrammen und Einspülen gleichzeitig zur Anwendung kommen.

Die Pfähle werden in einfache Längs- und Querreihen gestellt, nicht in Versatz, was beim Rammen unbequem und auch sonst zwecklos ist, gewöhnlich in Abständen von 0,8—1,5 ^{m}. Nach dem Einrammen sind sie genau wagrecht abzuschneiden und mit einem Zapfen von 15 ^{cm} Länge und 9 ^{cm} Breite zu versehen; darüber sind die 20/26 ^{cm} bis 26/30 ^{cm} starken Langschwellen hochkantig zu verlegen und, wenn Abheben durch den Auftrieb des Wassers zu befürchten ist, mit verkeiltem Zapfen. Kann die Gründung nur in kurzen Strecken erfolgen, so wendet man statt der Langschwellen Querschwellen an. Stösse werden über Pfahlmitten stumpf mit Seitenschienen ausgeführt, selbstverständlich verwechselt. Ueber die Langschwellen oder Holme werden in Abständen von 1—2 Pfahlweiten Querschwellen, Zangen, gestreckt, mit ersteren einige ^{cm} stark verkämmt und durch

Bolzen befestigt. Zwischen diese Zangen werden hiernach 6—10 cm starke Bohlen auf die Grundschwellen genagelt. Es ist darauf zu sehen, dass die Oberfläche der Zangen entweder mit der der Bohlen bündig liegt, oder letztere um eine Steinstärke überragt, um beim Mauern der Fundamente unnöthigen Verhau der Steine zu vermeiden. Fig. 202a, b, c zeigt die Anordnung eines Pfahlrostes.

Die Rostoberfläche soll nach allen Richtungen fest zusammenhängen, weshalb an den Ecken, ebenso wie beim liegenden Rost, die Grundschwellen der einen Mauer als Zangen über die der anderen fortgehen. Starke, tief gerammte Spundwände können ohne Bedenken statt einer Pfahlreihe mit zum Tragen benutzt und mit dem Pfahlrost verbunden werden, Fig. 203.

Die Zwischenräume zwischen den Pfählen werden vortheilhaft noch 60 cm tief ausgebaggert und mit Beton ausgefüllt, welcher das Verschieben der Pfahlköpfe verhindert.

Wenn eine Spundwand vorhanden ist, genügt aber auch eine Füllung von fettem Thon unter dem Bohlenbelag oder eine solche aus festgestampften Steinen oder Ziegelbrocken.

Statt der hölzernen Pfähle sind neuerdings, namentlich in Frankreich und Holland mit gutem Erfolg Betonpfähle mit Eiseneinlage hergestellt und unter Spülung eingerammt worden.*)

Gewissermaassen ein Pfahlrost aus Betonpfählen wird auch nach der Methode Dulac hergestellt, die auf der Pariser Weltausstellung 1900 in ausgedehntem Maasse zur Anwendung kam. Es werden dabei durch zugespitzte konische Fallgewichte zunächst röhrenförmige Löcher in den Boden geschlagen, wobei dieser stark verdichtet wird, und jene dann wieder mit abgerundetem Fallgewicht mit Beton ausgestampft.**)

Fig. 204.

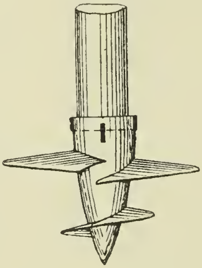
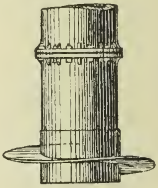


Fig. 205.



In der Nähe von Gebäuden sind Rammarbeiten der dadurch verursachten Erschütterungen wegen mit grosser Vorsicht (Anwendung nicht zu schwerer Bären, geringer Hubhöhe, daher vortheilhaft die direkt wirkenden Dampframmen, bei denen der Hub nicht willkürlich gesteigert werden kann) und oft überhaupt nicht ausführbar. Man kann hier hölzerne, schmied- oder gusseiserne Pfähle (letztere hohl) mit Schraubenfüssen benutzen, welche durch Schlüssel oder aufgesetzten Stern, mit der Hand oder mittels Winden in den Erdboden eingeschraubt werden. Die Schrauben müssen scharfgängig und desto grösser sein, je weicher der Boden ist. Fig. 204 zeigt einen schmiedeisernen, Fig. 205 einen gusseisernen Schraubenpfahl.

h. Besondere Gründungsweisen.

Anstatt der durchlaufenden Fundamente werden manchmal solche aus einzelnen Pfeilern hergestellt, die durch Gurtbögen verbunden werden; meistens geschieht dies, wenn der Baugrund gut ist und sich erst in grösserer, noch grundwasserfreier Tiefe findet, um an Erdarbeiten und Mauerwerk zu sparen, u. a. bei leichten, niedrigen Gebäuden, so wie bei Gebäuden mit inneren Pfeilerstellungen, welche keine erhebliche Last zu tragen haben. Die Verbindung der Pfeiler unter einander und mit den Frontwänden durch gewöhnliche Gurtbögen verhindert das seitliche Ausweichen ersterer, z. B. bei seitlichem Druck auf die mit ihnen verankerten Säulen.

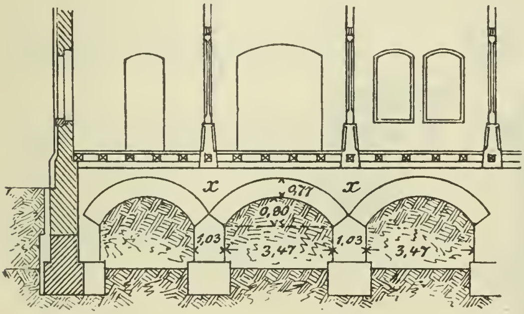
In beiden obigen Fällen empfiehlt sich eine „Pfeilergründung" besonders dann, wenn der Fussboden des Gebäudes hoch über dem Gelände liegt, so dass die Grundmauern erst nachträglich durch Anschüttung unter die Erde gelangen.

*) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1901, S. 411.
**) Vergl. Süddeutsche Bauzeitung 1898, S. 222.

Immer aber muss eine genaue, vergleichende Kostenberechnung aufgestellt werden, zumal bei der Pfeilergründung durch die Aussteifung usw. der einzelnen Baugruben erhebliche Kosten entstehen können.

Die Grundpfeiler sind stets unter den Fensterpfeilern und der Axentheilung des Gebäudes entsprechend anzuordnen, die Eckpfeiler besonders zu verstärken und mit den Nachbarpfeilern zu verankern, um das Ausweichen infolge des Seitenschubes der Bögen zu verhindern, Fig. 206 a u. b. Wegen des geringeren Schubes sind Halbkreisbögen am günstigsten, doch wegen der grossen Pfeilhöhe nicht immer anwendbar. Flachbögen giebt man nicht gern weniger als $^1/_4$ der Spannweite als Stich; die Bogenscheitel müssen aber noch unter Geländehöhe bleiben. Die Lehre für die Gurtbögen wird einfach aus dem darunter liegenden Erdreich geformt. Da, wo nur einzelne Säulen derartig gegründet werden, also die Bögen nicht belastet sind, hat man, nach Fig. 207, die Widerlager sorgfältig auszukragen, aber die Bögen nicht nach Fig. 206 a zusammen stossen zu lassen, weil der bei x sich bildende Keil dieselben auseinander treiben könnte. Je steiler

Fig. 206 a u. b.



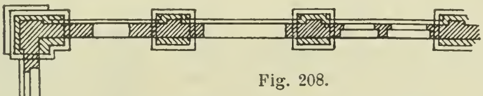


Fig. 207.

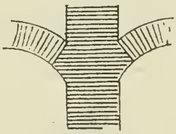
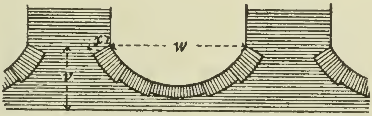


Fig. 208.



der Bogen, desto gefährdeter ist er in diesem Falle, am meisten gefährdet also ein Rund- oder gar Spitzbogen.

Wie man zur Ersparniss an Mauerwerk den Druck von Bautheilen auf einzelne, durch Bögen verbundene Fundamentpfeiler vereinigt, kann man umgekehrt bei gleichmässigem, aber nicht besonders festem Baugrunde die Lasten einzelner Pfeiler (Wandpfeiler, Säulen in Speichern und Kirchen usw.) durch umgekehrte Bögen aufnehmen und sie auf den Baugrund zwischen den Pfeilern vertheilen, Fig. 208. Bei Wandpfeilern muss man natürlich die Oeffnungen oben durch Gurtbögen schliessen, um Fensterbrüstungen usw. aufmauern zu können. Besonders ist die Vergrösserung der Fundamentfläche durch Einlegen umgekehrter Bögen günstig, wenn die Fundamenthöhe v im Verhältniss zur Weite w sehr klein ist und deshalb eine Verbreiterung der Pfeiler oder gar durchgehende Bankette den Baugrund nur sehr ungleichmässig belasten würden, abgesehen von der Gefahr des Abbrechens infolge zu grosser Ausladung. Ausserdem spart man an Material und hat noch den Vortheil, allerlei Rohrleitungen und sogar Luftkanäle usw. durch die Oeffnungen zwischen den Pfeilern bequem in das Gebäude einführen zu können.*)

Bei starken, besonders mehrfachen Gurtbögen übereinander thut man gut, das Widerlager nicht glatt, wie in Fig. 208 bei x in das Fundament eingreifen zu lassen, sondern dasselbe, entsprechend den Stärken, abzusetzen, Fig. 209 und 210.

*) Ueber die Form und Stärke umgekehrter Fundamentbögen s. Centralbl. der Bauverwaltg. 1885, S. 11 und Brennecke, Nachtrag zum Grundbau, S. 39.

Eine solche Fundamentverbreiterung, wie die inrede befindliche, ist insbesondere bei Kirchen- und Speicherbauten angebracht, um das unregelmässige Setzen der Pfeilerfundamente möglichst zu verhindern. Die Art und Weise der Ausführung zeigen Fig. 209a und b, sowie auch Fig. 210, letztere bei einer Gründung auf Pfahlrost mit Betonplatte zwischen den Pfahlköpfen.

Zuweilen wird bei schlechtem Baugrund eine Verbreiterung der Fundamente von Neubauten nothwendig, welche unmittelbar an alte, ungenügend gegründete Nachbargebäude anstossen. Das Mittel, deren Grundmauern zu unterfahren, welches später besprochen werden soll, ist nur dann anwendbar, wenn der gute Baugrund in solcher Tiefe liegt, dass man ohne künstliche Gründung auf demselben mauern kann. Brunnen- und Pfahlrostgründung sind aus früher an-

Fig. 209a u. b.

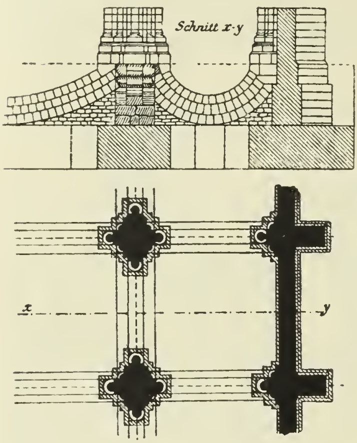


Fig. 210.

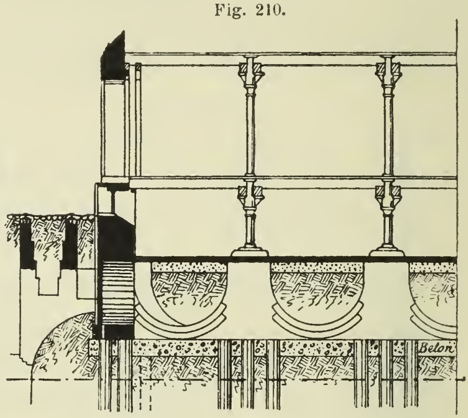
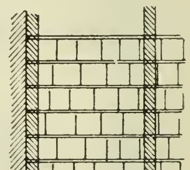


Fig. 211a u. b.



gegebenen Gründen nicht anwendbar. In solchem Falle wird man zu einer Verbreiterung der Fundamentsohle durch umgekehrte Gewölbe oder durch Herstellung einer starken Betonschüttung greifen müssen.

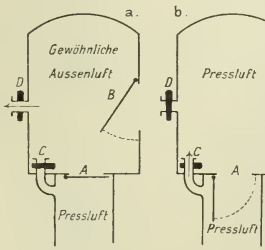
In besonders ungünstigen Fällen kann eine Gründungsweise gewählt werden, wie sie bei dem Bau des Grove'schen Hauses in der Friedrichstrasse zu Berlin mit Erfolg angewendet worden ist. Nach Fig. 211a und b wurde die Baugrubensohle mit gleich breiten (etwa 1 m), aber verschieden langen Granitplatten so belegt, dass deren Stösse in gerade Linien fielen. Ueber die Platten streckte man I Träger und baute auf ihnen die Fundamente auf. Selbstverständlich hätte hier auch eine Betonlage angewendet werden können, nur hätte diese längere Zeit zur Erhärtung beansprucht und dadurch den Bau verzögert.

In neuerer Zeit hat auch die Pressluftgründung (pneumatische Gr.) im Hochbau häufiger Anwendung gefunden, namentlich beim Bau der hohen Geschäftshäuser in Nordamerika, wo es in den meisten Fällen darauf ankommt die schwer belasteten Fundamente dieser Gebäude bis zu grosser Tiefe unter Grundwasser herabzuführen, ohne die flacher gegründeten Nachbarbauten zu beschädigen. Das Wesen der Pressluftgründung besteht darin, dass ein unten offener, oben geschlossener Brunnen oder Kasten vom Querschnitt des herzustellenden Fundamentes aus Stein, Holz oder Eisen, sobald er mit dem unteren Rande in das Grundwasser eintaucht, von Luftkompressoren aus mit Pressluft gefüllt wird, welche das Wasser nach unten herausdrängen, sodass dann im Inneren wie im Trockenen gearbeitet werden kann. Die Höhe des Drucks muss natürlich der zunehmenden

Absenkung entsprechend gesteigert werden. Die erreichbare Grenze der Tiefe einer solchen Gründung liegt bei 35 m, da auch der gesundeste Mensch einen Ueberdruck von mehr als 3,5 Atm. ohne dauernde Gefährdung seiner Gesundheit nicht vertragen kann. Um nun den Arbeitern den Eintritt in die Arbeitskammer mit möglichst geringem Druckverlust zu ermöglichen, bedarf es eines Zwischengliedes, der „Luftschleuse", die abwechselnd mit der Arbeitskammer, bezw. der Aussenluft in Verbindung gesetzt werden kann. In Abbildg. 212 a u. b ist diese, oben auf dem Kasten aufgesetzte Luftschleuse schematisch dargestellt. Bei a ist die nach innen aufschlagende Klappe *A* zur Arbeitskammer geschlossen, desgl. Hahn *C*. Die Pressluft ist also abgeschlossen, die Luftschleuse kann durch Oeffnen der Thür *B* von aussen betreten werden, sobald die in ihr enthaltene Pressluft durch den geöffneten Hahn *D* entwichen ist. Wird dann die Thür *B* geschlossen, wie Abbildg. b zeigt, Hahn *D* geschlossen und Hahn *C* geöffnet, so strömt Pressluft in die Schleuse aus der Arbeitskammer wieder ein, bis gleicher Druck hergestellt ist. Die Klappe *A*, die vorher durch den Luftdruck fest angepresst wurde, lässt sich jetzt öffnen, der Eintritt zur Arbeitskammer ist frei.

Die grossen Vorzüge der Pressluftgründung bestehen in der Schnelligkeit und Sicherheit der Ausführung, der leichten Beseitigung aller Hindernisse, der klaren Erkenntniss der Bodenverhältnisse und der Ausführung der Arbeiten im Trockenen. Der Kosten wegen kommt sie natürlich nur bei tieferen Gründungen und in schwierigeren Fällen zur Anwendung.*)

Fig. 212.



Ein Beispiel ist unter anderen die Gründung des grossen Magasin du Printemps in Paris, welches auf Einzelpfeilern erfolgte, wovon 46 für einzeln gestellte eiserne Stützen dienen. Die Fundamentsohlen sind 5 m tief unter Strassengleiche gelegt, wo sich Sandboden fand, welchem man eine Tragfähigkeit bis 8 kg glaubte zumuthen zu können. Durch diese grosse Tragfähigkeit erschien die Pfeilergründung von vorn herein angezeigt. Man hätte nun zwar unschwer die für die einzelnen Pfeiler erforderlichen Gruben mit Zuhilfenahme von Baggerung herstellen können, hat aber aus mehrfachen Gründen Pressluftgründung — wohl die erste für einen Hochbau — gewählt. Die in den Baugruben belassenen kreisförmigen Senkkästen haben 3 m Durchmesser bei nur 2 m Höhe und sind mit Beton gefüllt, in welchem ein schwerer Haustein eingebettet ist, der unmittelbar die eiserne Stütze aufnimmt. Die Baugrundbelastung beträgt 5 kg auf 1 qcm. Beschreibung und Zeichnung dieser Gründung befindet sich in Jahrg. 1886 der Deutsch. Bauzeitg., S. 355 ff.

Ein Hilfsmittel, das ebenfalls dazu benutzt werden kann, um trotz Anwesenheit von Grundwasser im Trockenen zu arbeiten, ist die Grundwasser-Absenkung. Zu diesem Zwecke werden eiserne Röhren bis in die wasserführende Schicht und bis unter die Fundamentsohle eingetrieben, in diese werden Saugebrunnen eingesetzt und dann an Dampfpumpen angeschlossen. Bei richtig bemessener Anzahl und Tiefe der Saugebrunnen sinkt durch anhaltendes Pumpen das Grundwasser bis unter die Fundamentsohle, sodass nun völlig im Trockenen gearbeitet werden kann. Als Beispiel für eine solche Ausführung im Hochbau sei die Gründung des Kaufhauses „Neu Köln" in Berlin erwähnt (Centralbl. d. Bauverwaltg. Jahrg. 1898, S. 73); ausserdem sei auch auf die ausgedehnte Anwendung dieses Verfahrens bei der Herstellung der Untergrundbahn von Siemens & Halske in Berlin hingewiesen (Dtsche. Bauztg., Jahrg. 1901, S. 529.)

Gründungen von Gebäuden auf wandelbarem Boden, wie z. B. in Gegenden mit Bergwerksbetrieb, müssen geeignet sein, die Gebäude auch dann noch zu tragen, wenn denselben ein Theil der Unterstützung entzogen wird. Ueber betr. Sonder-Konstruktionen, deren bisher mehrere bekannt geworden sind, s. u. a. in Brennecke, S. 343 ff.

*) Vergl. im übrigen Brennecke S. 193 ff.

Im Ueberschwemmungsgebiet stehende Gebäude werden zweckmässig aus Fachwerk hergestellt, welches bei Unterspülungen den Zusammenhang besser erhält als Mauerwerk.

i. Wahl der Gründung.

Nach dem bisher Gesagten hängt die Wahl der Gründungsart ab:

1. Von der Natur des herzustellenden Gebäudes und von der Art und Weise, wie dasselbe den Baugrund beansprucht (Eigengewicht, ruhende Last oder Erschütterungen usw.).
2. Von der Beschaffenheit des Baugrundes und von der Umgebung des Gebäudes (Rammarbeiten in der Nähe von Häusern u. Umst. nicht ausführbar).
3. Von dem Anspruche, den man an die längere oder kürzere Erhaltung des Bauwerkes stellt (endgiltige oder Interimsbauten, monumentale oder einfache Gebäude).
4. Von dem Vorhandensein von Wasser (Grund- oder fliessendes Wasser, wellenschlagendes Wasser usw.).
5. Von den verfügbaren Baustoffen, maschinellen und sonstigen Hilfsmitteln.
6. Von der vorgeschriebenen Bauzeit.
7. Von den Kosten.

Nachstehende Tabelle soll die Wahl der geeignetsten Gründungsart erleichtern:

	Boden in der Oberfläche fest.	Boden in erreichbarer Tiefe fest.	Boden nicht in erreichbarer Tiefe fest.	Bemerkungen.
Wasser nicht vorhanden.	Unmittelbares Mauern auf der Oberfläche.	1. Aufgraben bis zum festen Boden und volles Mauerwerk. 2. desgl. und einzelne Pfeiler mit Erdbögen.	1. Verbreiterung des Mauerwerkes. 2. Breite Betonlage. 3. Trockene Steinpackung. 4. Sandfundament. 5. Verkehrte Gewölbe.	Kein Holz verwendbar.
Wasser vorhanden als Grund- oder offenes Wasser, aber ausschöpfbar.	1. Unmittelbares Mauern. 2. Einzelne Pfeiler mit Erdbögen. 3. Schwacher Beton zur Dichtung der Quellen.	1. Tiefer Pfahlrost. 2. Pfähle mit Beton oder Mauerwerk dazwischen und darüber. 3. Beton nur zur Dichtung der Quellen.	1. Liegender Rost. 2. Breite Betonlage. 3. Steinpackung. 4. Sandfundament. 5. Verkehrtes Gewölbe. 6. Pfahlrost oder Pfähle zur Verdichtung des Bodens.	Holz unter Wasser zulässig. Wasserschöpfen u. Umst. mit Abdämmung. Genaue Arbeit möglich.
Wasser vorhanden, aber nicht ausschöpfbar.	1. Steinschüttung. } am Meere. 2. Steinversenkung } am Meere. 3. Beton. 4. Eiserne Pfähle.	1. Hoher Pfahlrost. 2. Pfähle mit Beton oder Steinen dazwischen und darüber. 3. Eiserne Pfähle. } mit vorheriger Baggerung. 4. Steinschüttung. } mit vorheriger Baggerung. 5. Steinversenkung. } mit vorheriger Baggerung. 6. Beton. } mit vorheriger Baggerung. 7. Senkbrunnen. 8. Pressluftgründung.	Belastung des Bodens umher und Verbreiterung des Mauerwerkes.	Holz unter Wasser zulässig. Weniger genaue Arbeit, wenn nicht mit Tauchern, bezw. unter Anwendung der Pressluftgründung.

k. Unterfahrung und Verstärkung bestehender Fundamente.

Fundamente einer Giebel- oder Hofwand müssen dann zuweilen „unterfahren“ oder „unterfangen“ werden, wenn dicht anstossend ein Neubau mit tiefer reichenden Fundamenten hergestellt werden soll. Bei grosser Aufmerksamkeit, unter Verwendung schnell bindenden Portland-Zementes, bieten solche Ausführungen keine besonderen Schwierigkeiten. Hauptbedingung für die Möglichkeit des Unterfahrens ist, dass sich in nicht erheblicher Tiefe der gute Baugrund findet und dass derselbe ohne wesentliche Schöpfarbeiten erreichbar ist, weil durch starkes Pumpen der Boden gelockert und die Standfähigkeit des Gebäudes infrage gestellt werden würde. Stehen die alten Fundamente auf festem Sandboden, so ist das Unterfahren dann nicht geboten, wenn die Fundamente nicht tiefer unter der Fundamentsohle des alten Baues liegen, als diese breit ist. Das neue Fundament wird in diesem Falle stückweise neben dem alten verlegt, wobei die Steine des neuen Mauerwerks scharf gegen den senkrecht abgestochenen Boden des Nachbargrundstückes angesetzt werden. Solche Arbeiten dürfen nicht zugleich an mehreren Stellen begonnen werden, es sei denn, dass die einzelnen Arbeitsplätze etwa um die zwölffache Stärke der Mauer von einander entfernt liegen.

Fig. 213.

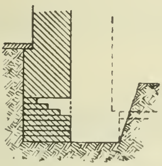


Fig. 214.

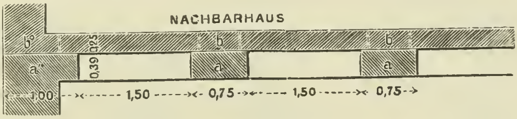
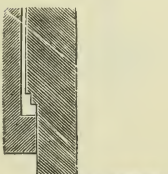


Fig. 215.



Bei einer Unterfahrung der Giebelwand ist dieselbe von dem Neubau aus sorgfältig abzusteifen; Absteifung im Inneren des alten Gebäudes ist daneben nur in seltenen Fällen nöthig. Der Maurer gräbt die einzelnen Löcher, die unter das zu unterfangende Fundament führen, selbst aus und gerade gross genug, um sich beim Arbeiten darin bewegen zu können. Die unterste Steinschicht wird gleich in ein Zementmörtelbett gelegt und durch Hammerschläge gut angetrieben; Klinker eignen sich für diese Arbeiten am besten. Guter Verband und enge Fugen sind von besonderer Wichtigkeit. Die Ausführung geschieht nach Fig. 213 weiter. Die letzte Schicht muss selbstverständlich mit besonderer Sorgfalt eingebracht und verkeilt werden. Um nicht zu grosse tragende und zusammenhängende Flächen des vom Fundament stark gedrückten Erdreichs, wenn auch nur nach und nach, zu entfernen, wird die Unterfahrung in bestimmten Abständen mit einzelnen Pfeilern ausgeführt. Diese haben dann Zeit zu erhärten, wonach die Zwischenstücke eingefügt werden.

In sehr schwierigen Fällen müssen die unter die Fundamente führenden Gräben bergmännisch, wie Stollen, ausgezimmert und ausserdem Absteifungen des alten Gebäudes vorgenommen werden. Ein betr. Beispiel ist in D. Bauztg. 1883 S. 329 im einzelnen mitgetheilt; dasselbe betrifft die Wiederherstellung der Hahnenthorburg in Köln.

Bei festem Boden kann man die Absteifung des Nachbargiebels dadurch entbehrlich machen und trotzdem mit grosser Sicherheit arbeiten, dass man das neue Gebäude erst im Rohbau fertig stellt, so dass dasselbe dem vorhandenen Gebäude als Stütze dienen kann. Das Fundament der anstossenden Mauer des Neubaues wird in einzelnen Pfeilern *a a*, Fig. 214, ausgeführt, die oben durch Mauerbögen verbunden sind; zwischen diesen kann später die Unterfangung des Nachbargiebels erfolgen. Dass dabei kleine Stücke *b* ununterfangen bleiben, schadet nichts, weil sich Mauerwerk, selbst geringer Güte, auf so kurze Längen frei trägt. Der Eckpfeiler b^0 muss allerdings von der Front aus gänzlich unterfahren werden.

Reicht das Fundament der zu unterfahrenden Mauer in das Grundstück des neu zu erbauenden Hauses hinein, so kann man die über die Grenze tretenden Absätze abstemmen, wenn die Tragfähigkeit des Fundamentes dadurch nicht allzu sehr geschmälert wird. Sollte das aber zu befürchten sein, so ist nach Fig. 215 das Fundament des Neubaues über das Bankett des Nachbargiebels auszukragen und dabei ein Spielraum von mindestens 6—10 cm für das Setzen des Neubaues zu belassen.

Sehr erhebliche Verstärkungsarbeiten der alten Fundamente sind für die Vollendung des Ulmer Münsterthurmes vorgenommen worden. Dieselben bestanden nicht nur in der Einführung von umgekehrten Bögen unter den grossen Oeffnungen der Ost- und Westseite des Thurmes, sondern auch in Ansetzung angeschroteter Verstärkungspfeiler im Aeusseren der bereits vorhandenen Fundamentpfeiler, also in einer wesentlichen Vergrösserung der Fundamentsohle, hauptsächlich des am meisten gefährdeten, nordöstlichen Thurmviertels von bisher 99 qm auf 132,5 qm. Trotzdem die vorhandene Belastung von 9380700 kg durch den neuen Thurmaufbau und den Einbau in die grosse Oeffnung der Ostseite um 3144100 kg vermehrt wurde, ist die Belastung von 1 qcm Baugrund durch die Fundamentverbreiterung von 9,47 kg auf 9,15 kg herab gemindert worden. Die Einzelheiten

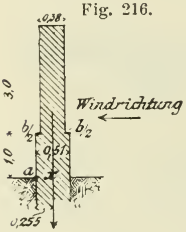


Fig. 216.

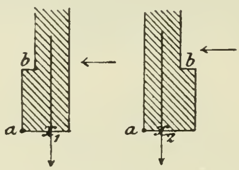
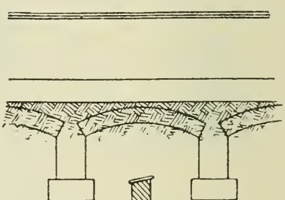
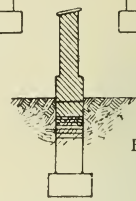


Fig. 217a u. b.


Fig. 218a.

dieser Ausführung sind im Jahrg. 1882 der Deutschen Bauztg. S. 231 und 245 mitgetheilt, woselbst auf S. 256 auch „das Auswechseln der Pfeiler und Fundamente eines Kellers“ beschrieben und dargestellt ist. Siehe auch die auf S. 86 beschriebene und durch Fig. 211a und b erläuterte Gründung.


Fig. 218b.

XII. Stärke der Mauern über Erdgleiche.

Die hierher gehörigen Mauern können eingetheilt werden in: 1. frei stehende Mauern, 2. Stütz- oder Futtermauern, 3. raumumschliessende Mauern bei Gebäuden und 4. Widerlagsmauern bei Bögen und Gewölben.

a. Frei stehende Mauern.

Dieselben dienen zur Einfriedigung usw. und müssen allein auf Widerstand gegen Winddruck berechnet werden. Der Winddruck auf die senkrecht zur Windrichtung stehende Fläche ist nach Kapitel VI, S. 32 unter gewöhnlichen Verhältnissen nicht unter 125 kg/qm anzunehmen. Nur bei besonderen Fällen, im Küstengebiet und auf hohen Bergen sind grössere Werthe einzuführen. Andererseits ist bei geschützt liegenden Mauern auch mit niedrigeren Werthen zu rechnen.

Die Standsicherheit einer Mauer gegen Umkanten ist unter Voraussetzung nicht bedeutender Höhe durch das Produkt aus Eigengewicht und einem Hebelarme gleich dem Abstand des Schwerpunkts von der Drehkante bestimmt. Je weiter die Drehkante von der Schwerlinie entfernt liegt, um so grösser wird die Standsicherheit sein und umgekehrt; für diesen Zweck wirken Fundament-Absätze günstig.

Beispiel: Bei einer Mauer, Fig. 216, von 6 m Länge und 4 m Höhe, wovon der obere 3 m hohe Theil 0,38 m, der untere, 1 m hohe, 0,51 m stark ist, hat die

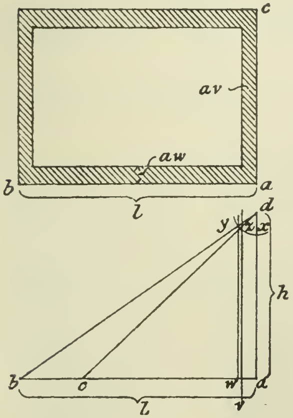
Drehkante 0,255 m Abstand vom Schwerpunkt. Da $F = 24$ qm ist, so ist $P = 125 . 24 = 3000$ kg und das Moment: $P . 2{,}0$ m $= 6000$ kg. Das Mauergewicht beträgt, wenn Ziegelausführnng vorliegt, (1600 kg/1 cbm) 15840 kg. Daher ist das Moment, welches die Mauer der Wirkung des Winddrucks entgegensetzt: $M = 0{,}255 . 15840 = 4039$ kg/m; die Standfähigkeit der Mauer ist also nicht genügend und Verstärkung derselben erforderlich.

Bei Mauern von grösserer Höhe reicht die vorstehende Rechnung allein nicht aus. Bei diesen ist die Mauerstärke aus der Bedingung zu bestimmen, dass der Schnittpunkt der Mittelkraft aus dem Mauergewicht und dem Winddruck innerhalb des mittleren Drittels der Basisbreite falle, damit der Mörtel an der dem Winde zugekehrten Mauerkante nicht auf Zugfestigkeit beansprucht werde.

Günstig für die Standfähigkeit ist es, wenn, Fig. 217a, der Fundamentabsatz einseitig auf der dem Winde entgegen gesetzten Seite ausgeführt wird; dagegen ist es ungünstig, Fig. 217b, wenn der seitliche Fundamentabsatz an der dem Winde zugekehrten Seite liegt.

Ausser durch Vorziehen des Sockels kann eine Mauer wirksam durch Strebepfeiler verstärkt werden. Die Pfeiler-Entfernungen sind aber so zu wählen, dass der Steinverband und die Bindekraft des Mörtels ausreichen, um selbständige Bewegungen der zwischen je zwei Pfeilern liegenden Mauerlänge zu verhindern. Strebepfeiler durch Gurtbögen mit einander in Verbindung zu bringen, wie das öfter bei alten Mauern ausgeführt ist, kann schädlich sein, weil dabei dem Winde Gelegenheit zur Verstärkung seines Angriffs gegeben wird.

Fig. 219 u. 220.



Solche Mauern werden der Kostenersparniss wegen häufig auf Pfeiler mit Mauerbögen gestellt, Fig. 218a und b; es ist dann aber nach Fertigstellung der Fuss sofort zu verschütten, weil sonst ein Sturm die auf Stelzen stehende Mauer leicht umwerfen würde.

Die Mauerstärken bei Anwendung von Werksteinen, Ziegelsteinen, lagerhaften Bruchsteinen und unregelmässig geformten Geschiebesteinen sollen sich, nach Rondelet, wie 5 bis 6 : 8 : 10 : 15 verhalten.

Die Stärke geradliniger, unbelasteter Mauern, welche einen rechteckigen Raum umschliessen, die also an den Enden durch die anstossenden Seitenmauern gestützt sind, findet man, nach Rondelet, folgendermaassen:

Man trage, Fig. 219 u. 220, die Höhe $a\,d = h$ der Mauer in a auf ihrer Länge $a\,b = l$ auf, theile jene in 8—12 gleiche Theile, je nach der Standsicherheit, die man erzielen will, nehme den obersten Theil $d\,x$ in den Zirkel und schlage mit dieser Länge um d einen Kreisbogen, der die Diagonale $d\,b$ in y schneidet. Alsdann giebt die Entfernung der Senkrechten durch y von $a\,d$ die Stärke der Mauer $a\,w = s$ an. Ebenso findet man die Stärke $a\,v$ der kurzen Seite des Rechtecks, wenn man diese von a bis c aufträgt, durch Bestimmung des Schnittpunktes z der Diagonale $d\,c$ mit dem Kreisbogen wie vor. Es ist dann: $s = \frac{l\,h}{n\sqrt{l^2 + h^2}}$, worin $n = \frac{h}{s}$ ist.

Bei kreisrunden Mauern ist $a\,b = b = {}^1/_{12}$ des Umfanges anzunehmen = der Seite des eingeschriebenen 12-Ecks oder rd. $= {}^1/_4\,D$ des äusseren Kreises. Daher ist hier: $s = \frac{D\,h}{n\sqrt{D^2 + 16\,h^2}}$. Hierbei ist Ziegelmauerwerk von mittelguter Arbeit und mittelmässigem Material vorausgesetzt, desgleichen, dass die Mauer durch Wind nur von aussen gedrückt werde, nicht von der Innenseite aus.

b. Futtermauern.

Dieselben haben dem wagrechten Druck des dahinter liegenden Bodens zu widerstehen. Futtermauern werden Stützmauern genannt, wenn der dahinter liegende Boden zu grösserer Höhe, als die Mauerkrone hinauf reicht; die genauere Bestimmung von Stützmauern muss hier um so mehr ausser Betracht gelassen werden, als sie sehr umständlich ist und derartige Mauern im Hochbau nur höchst selten vorkommen. Es wird hier auch nur die einfachste Ausführungsweise von Futtermauern behandelt: geradlinig begrenztes Profil und geringe Höhe.*)

Bezeichnen: p die Belastung in ^{kg} für 1 ^{qm} der Oberfläche der hinter der Mauer liegenden Erde, φ den natürlichen Böschungswinkel, γ_e und bezw. γ_m die Gewichte von 1 ^{cbm} Erde und Mauerwerk (^{kg}), μ (= 0,70 anzunehmen) den Reibungs-Koeffizienten für Mauerwerk auf Mauerwerk, k die grösste zulässige Druckspannung in einer Mauerfuge:

= 50 000 ^{kg} für 1 ^{qm} bei Bruchstein-Mauerwerk,
= 70 000 „ „ 1 „ „ Backstein-Mauerwerk,
= 100 000 „ „ 1 „ „ gutem Backstein-Mauerwerk in Kalkmörtel,
= 120 000 „ „ 1 „ „ Klinker-Mauerwerk in Zementmörtel ausgeführt,

k_1 = 25 000 ^{kg} die Tragfähigkeit für 1 ^{qm} guten Baugrund, so ist die erforderliche Dicke b der Mauer bei der Höhe h über Fundament, beide Maasse in ^{m}, Fig. 221,

$$b_l = \sqrt{\frac{h\,(\gamma_e h + 3p)\, tg^2 (45^0 - 1/2\,\varphi)}{\gamma_m\,(3 - 4\frac{\gamma_m}{k} h)}},$$

wenn Sicherheit gegen Zerdrücken des Mauerwerkes unter der Belastung und:

$$b_r = \frac{\gamma_e h + 2p}{2\mu\,\gamma_m}\, tg^2 (45^0 - 1/2\,\varphi),$$

wenn Sicherheit gegen Gleiten der Mauer bestehen soll.

Der grössere dieser beiden Werthe ist auszuführen.

Der Fundamentvorsprung c berechnet sich in ^{m} aus:

$$c = \frac{1\,\gamma_e H^2}{6\,\gamma_m b}\, tg^2\left(45^0 - \frac{\varphi}{2}\right) + \frac{2\,\gamma_m b H}{3\,k_1} - \frac{b}{2},$$

worin: $H = h + h_1 + \frac{p}{\gamma_e}$ in ^{m}.

Fig. 221.

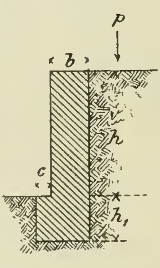
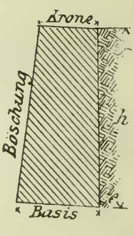


Fig. 222.



Wird die Stützmauer graphisch berechnet, so ist für die obere und die untere Fundamentfläche der Durchschnittspunkt der Mittelkraft aus Eigengewicht und Erddruck zu suchen. Dieser braucht bei Futtermauern nicht im inneren Drittel zu liegen, sondern nur so weit von der Vorderkante, dass die zulässige Pressung nicht überschritten wird. Zugspannungen sind bei der Ermittlung der Pressungen nicht inbetracht zu ziehen.

Die Durchschnittswerthe für γ_e und φ sind:

bei trockenem Lehmboden	γ_e = 1 500 ^{kg}	und φ	= 40^0—46^0
„ nassem „	„ = 1 900 „	„ „	= 20^0—25^0
„ trockner Thonerde	„ = 1 600 „	„ „	= 40^0—50^0
„ nasser „	„ = 1 980 „	„ „	= 20^0—25^0
„ nasser Dammerde	γ_e = 1 600—1 700 „	„ „	= 30^0—37^0
„ nassem Kies	γ_e = 1 860 „	„ „	= 25^0
„ nassem Steinschotter	„ = 1 600 „	„ „	= 35^0—40^0
„ Wasser	„ = 1 000 „	„ „	= 0

Sowohl mit Rücksicht auf Sicherheit gegen Umstürzen als gegen Gleiten ist es vortheilhaft, einen trapezförmigen Mauerquerschnitt anzuwenden. Wenn man die Rückseite der Mauer nicht glatt, sondern mit Absätzen (Banketten) ausführt, wird — durch die Last der auf den Absätzen ruhenden Erdkörper —

*) Vergl. im übrigen die genaueren Angaben über die analytische und graphische Berechnung von Futtermauern im Deutschen Baukalender 1902, Th. II, Abschn. IV, 4.

die Standfähigkeit der Mauer weiter vergrössert. Es ist aber zu beachten, dass die Böschung die Verwitterung des Materials an der frei liegenden Seite begünstigt, weil dem raschen Ablauf des Wassers Hindernisse bereitet sind, und dass auf den Absätzen, wenn sie wagrecht angelegt werden, sich Wasser sammelt, welches in die Mauer einsickert und dieselbe durchnässt.

Die Böschung an der Vorderseite nimmt man bei Backstein-Mauerwerk $^1/_{10}$—$^1/_{15}\,h$, bei Quadermauerwerk $^1/_6$—$^1/_{10}\,h$. Die mittlere Stärke einer geböschten Futtermauer wird im allgemeinen $^1/_4$—$^1/_3\,h$ angenommen. Die geringsten Stärken, in denen Futtermauern ausführbar sind, betragen 2 Stein bei Ziegel-, 0,60—0,75 ^{m} bei Bruchsteinmauerwerk. Für den gewöhnlichen Gebrauch sei hier eine Tabelle über die Stärke der Stützmauern der vormal. Rheinischen Eisenbahn angegeben, Fig. 222.

h	Breite		h	Breite	
	Krone	Basis		Krone	Basis
m	m	m	m	m	m
1,88	0,47	0,63	6,27	1,75	2,26
2,51	0,70	0,95	7,52	2,12	2,75
3,14	0,86	1,11	9,40	2,66	3,30
3,76	1,08	1,33	12,54	3,52	4,54
4,40	1,25	1,60	15,70	4,40	5,64
5,02	1,40	1,83	18,80	5,00	6,44
5,64	1,60	2,00			

Auch bei Futtermauern ist die Anordnung von Strebepfeilern sehr vortheilhaft; legt man sie an die Vorderseite, so kommen sie gleichzeitig der Erscheinung der Mauern zustatten. Stehen die Strebepfeiler in Entfernungen von $1-1^1/_2\,h$, aber höchstens 5,5 ^{m} weit, so kann die Sohlenstärke der Futtermauer auf $0{,}14\,h$ ermässigt werden. In England ist für Futtermauern ein Querschnitt beliebt, dessen Umrisslinien Kreisbögen bilden; die Mittelpunkte des obersten Theils liegen in Höhe der Mauerkrone. Solche Mauern sind in der Materialmenge allerdings sparsam, da sie als mittlere Stärke nur etwa $^1/_5$ der Mauerhöhe erhalten, aber bei der erheblichen Neigung, welche im unteren Theil der Vorderfläche besteht, und der das Eindringen von Nässe befördernden radialen Fugenrichtung sehr dem Verwittern ausgesetzt, gewähren ausserdem einen unschönen Anblick.

Je grösser der natürliche Böschungswinkel des gestützten Bodens, um so geringer stellt sich das Stärke-Erforderniss der Futtermauern heraus. Der Winkel φ wechselt aber theils mit der Beschaffenheit des Bodens, theils mit dessen Feuchtigkeitszustande. Günstig ist grobkörniges Material, wie auch trockener Thon, ungünstig feiner Sandboden und nasser Thon. Folglich wird die Hinterfüllung einer Futtermauer mit trockenem Thon für die Standfähigkeit der Mauer von grossem Nutzen sein, wie desgleichen die Abhaltung von Feuchtigkeit von dem Hinterfüllungs-Boden. Es ist daher bei Futtermauern auf Ableitung des sich auf der Oberfläche des gestützten Bodens, sowie im Boden selbst sammelnden Wassers grosse Sorgfalt zu verwenden, um so mehr, als die Durchfeuchtung der Mauer die baldige Zerstörung des Materials zurfolge zu haben pflegt. Beiden Zwecken dienen Sickerschlitze, die im Fusse der Mauer angelegt werden, sowie Anstriche der Mauer auf der Rückseite mit Feuchtigkeit abhaltenden Mitteln, wie auch ein Putz aus Zementmörtel. Endlich ist es von Wichtigkeit, frisch hergestellte Futtermauern mit Vorsicht zu hinterfüllen, d. h. den Füllboden in dünnen Lagen (die keinesfalls eine Neigung nach der Mauer hin erhalten dürfen), einzubringen und denselben so weit zu stampfen, dass bei einer etwaigen Durchnässung nicht Zusammensinkungen oder Rutschungen eintreten, die für den Bestand der Mauer leicht gefährlich werden können. Schwache Punkte einer Futtermauer bilden in der Regel ausspringende Ecken.

c. Raumumschliessende Mauern bei Gebäuden.

Bei der Berechnung der Stärke der Gebäudemauern würde wegen der vielen zu berücksichtigenden Nebenumstände der Erfahrungs-Koeffizient eine so grosse Rolle spielen, dass man von einer Berechnung absehen kann; es werden zudem die Mauerstärken in vielen Fällen durch polizeiliche Bestimmungen mehr oder weniger genau vorgeschrieben, wozu übrigens auch die Erfahrung ausreichende Unterlagen geliefert hat.

Die Mauern sind entweder Umfassungs- (Aussen-) Mauern oder Scheide- (Innen-) Mauern; beide können belastet oder unbelastet sein.

Sind die Mauern bei Gebäuden mit einem Geschoss in der Höhe nicht gestützt, d. h. nicht durch Balken belastet, die eine Verankerung bilden, so ist für l in der S. 91 angegebenen Formel die lichte Gebäudetiefe t zu setzen und es wird dann: $s = \frac{t\,h}{12\sqrt{t^2 + h^2}}$.

Findet aber in irgend einer Höhe eine Stützung statt, so dass die darüber liegende Höhe h^1 ist, so folgt: $s = \frac{t\,(h + h^1)}{24\sqrt{t^2 + h^2}}$.

Ist die Höhe des oberen Geschosses bis unter das Dach bei Gebäuden mit mehreren Geschossen $= h$, so ist die Mauerstärke s_1 des oberen Geschosses, wenn das Gebäude in der Tiefe hat: 1 Zimmer: $s_1 = \frac{2t + h}{48}$. 2 Zimmer: $s_2 = \frac{t + h}{48}$ und wenn eine das Gebälk tragende Mittelmauer vorhanden ist: $s = \frac{t + h}{36}$.

Umfassungswände erhalten bis 4,2 m Geschosshöhe im obersten Geschoss $1\frac{1}{2}$ Stein Stärke; in jedem tiefer liegenden Geschoss werden sie um $\frac{1}{2}$ Stein stärker gemacht. Haben diese Aussenwände auf mindestens 7,5 m Länge eine Scheidewand, so können die Umfassungswände der beiden obersten Geschosse je $1\frac{1}{2}$ Stein stark und die je zweier darunter liegenden um $\frac{1}{2}$ Stein stärker genommen werden. Kellermauern müssen $\frac{1}{2}$ Stein stärker als die Mauern des Erdgeschosses sein.

Umfassungswände von grosser Höhe h (m) erhalten:

$$\frac{3}{2} + \frac{h}{20} \text{ bis } \frac{2}{3} + \frac{h}{16} \text{ Stein Stärke.}$$

Man macht also bei einem 4geschossigen Gebäude von gewöhnlichen Verhältnissen:

im	die Umfassungsmauern	die belasteten Mittelmauern
4. Geschoss	$1\frac{1}{2}$ St. = 38 cm	$1\frac{1}{2}$ St. = 38 cm
3. „	$1\frac{1}{2}$ „ = 38 „	$1\frac{1}{2}$ „ = 38 „
2. „	2 „ = 51 „	$1\frac{1}{2}$ „ = 38 „
1. „	2 „ = 51 „	$1\frac{1}{2}$ „ = 38 „
Erdgeschoss	$2\frac{1}{2}$ „ = 64 „	2 „ = 51 „
Kellergeschoss	3 „ = 78 „	$2\frac{1}{2}$ „ = 64 „

Umfassungswände kleiner, eingeschossiger Wohngebäude braucht man, sofern blos die Standfähigkeit inbetracht gezogen wird, nur 1 Stein stark zu machen; doch halten diese dünnen Mauern weder die Feuchtigkeit, noch die Kälte ausreichend ab. Bei Gebäuden mit nur 1 Stein starken Mauern sind diese unter jedem Binder mit Vorlagen von mindestens $\frac{1}{2}$ Stein Stärke und 2 bis $2\frac{1}{2}$ Stein Breite zu versehen.

Giebelwände bei frei stehenden Gebäuden mit Walmdächern werden bezüglich der Stärke wie vor behandelt.

Frei stehende Giebel an der Grenze erhalten im Dachgeschoss die Stärke von 1 Stein mit Verstärkungspfeilern, den Bundstielen entsprechend, von wenigstens

2 Stein Breite und $^1/_2$ Stein Stärke. Im obersten Geschosse des Hauses folgt dann die Mauerstärke von $1^1/_2$ Stein, darauf eine solche von $1^1/_2$ (oder 2 Stein bei grosser Tiefe und Höhe), dann von 2 Stein, schliesslich von 2 oder $2^1/_2$ Stein usw.

Von nicht frei stehenden Giebelmauern unterscheidet man gemeinschaftliche und nicht gemeinschaftliche. Erstere werden (neuerdings meist gesetzlich verboten) wie die frei stehenden Grenzgiebel ausgeführt. Nicht gemeinschaftlichen Giebelmauern giebt man im Dachgeschoss 1 Stein Stärke mit eingebundenen Stielen, den darunter liegenden zwei Geschossen 1 Stein, den nächstfolgenden $1^1/_2$ Stein Stärke bis zum Kellergeschoss hinab.

Bei hohen Pultdächern hat man wieder zu unterscheiden, ob dieselben frei stehen oder nicht. In ersterem Fall werden die Wände im Dachgeschoss 1 Stein stark, in den darunter liegenden drei Geschossen $1^1/_2$ Stein, dann für je zwei Geschosse $^1/_2$ Stein stärker gemacht. Bei nicht an der Nachbargrenze stehenden Wänden der Pultdächer werden bei nur $^1/_2$ Stein Mauerstärke die Dachhölzer ausserdem $^1/_2$ Stein breit eingefasst.

Balken tragende Mittelwände (s. die vorstehende Tabelle) nimmt man vier Geschosse über einander $1^1/_2$ Stein, die beiden darunter folgenden 2 Stein stark an.

Sogen. Scheidewände werden durch alle Geschosse nur $^1/_2$ Stein stark, bei grossen Abmessungen jedoch aus Fachwerk oder 1 Stein stark hergestellt; vereinzelt führt man solche Wände auch aus hochkantig gestellten, porösen Steinen in Zementmörtel aus, wenn die Abmessungen gering sind, die Unterstützung fehlt, oder ein vorüber gehender Zweck vorliegt. Ueber freitragende Zwischenwände aus besonderen Formsteinen bezw. mit Eiseneinlage siehe den Haupt-Abschnitt IV.

Brandmauern ist stets die Stärke von 1 Stein zu geben; dieselben sollen die Dachfläche um 20 cm überragen.

Bei den vorstehenden Stärkeangaben aller Balken tragenden und Giebel-Wände ist ausreichende Verankerung an den Gebälken vorausgesetzt.

Zu den Umfassungsmauern rechnet man auch solche, die zur Bildung kleiner Höfe (Lichthöfe) dienen; es ist aber dabei zu berücksichtigen, ob dieselben Balken tragen oder nicht. — Scheidemauern, welche zwei Wohnungen in demselben Gebäude trennen, sollten immer mindestens 1 Stein stark gemacht werden, ebenso solche an Vorhallen, Treppenhäusern oder sonstigen kalten Räumen, welche mit der anderen Seite an heizbare Zimmer grenzen.

Die Anlage von Rauch- und Lüftungsröhren in Scheidemauern fordert eine Stärke der letzteren von mindestens 38 cm; wo dieselbe nicht vorhanden ist, sind Vorlagen nöthig. Man hat dabei darauf zu achten, dass auf eine solche Röhre nicht das Widerlager eines Gurtbogens trifft. Treppenmauern dürfen im Inneren keine Absätze erhalten; man bestimmt die untere und obere Mauerstärke, nimmt das Mittel und führt dasselbe glatt von unten bis oben durch. Diese Stärke darf aus feuerpolizeilichen Gründen nicht weniger als 1 Stein betragen, bei frei tragenden Treppen von mehr als 1,25 m Stufenlänge nicht unter $1^1/_2$ Stein. Wenn bei Treppenhaus-Mauern Absätze nicht vermieden werden können, müssen dieselben unter Läufen oder Podesten so endigen, dass sie verdeckt werden; besser werden sie in den an die Treppenhäuser anstossenden Räumen angeordnet.

Bezüglich der S. 91 besprochenen Stärke von Bruchstein-Mauerwerk im Vergleich zu Ziegelmauerwerk ist hier nur nachzutragen, dass die Absätze dabei stets 0,15 oder 0,20 m breit gemacht werden.

Für die Stärke der Mauern von Fabrikgebäuden giebt Redtenbacher folgende empirische Formeln, in welchen s_3 die Stärke der obersten, s_2 und s_1 der darunter liegenden Umfassungsmauern, h_3, h_2 und h_1 die Geschosshöhen, t die Tiefe des Gebäudes bezeichnen:

$$s_3 = \frac{t}{40} + \frac{h_3}{25}; \; s_2 = \frac{t}{40} + \frac{h_3 + h_2}{25} \text{ und } s_1 = \frac{t}{40} + \frac{h_3 + h_2 + h_1}{25}.$$

Ist $t = 10$ m, $h_3 = 3{,}5$, $h_2 = 3{,}75$ und $h_1 = 4{,}0$, so ergiebt das:

für $s_3 = 0{,}39$, also $1^1/_2$ Stein Stärke.
„ $s_2 = 0{,}54$, „ $2—2^1/_2$ „ „
„ $s_1 = 0{,}70$, „ $2—3$ „ „

Bei grösseren Thürmen wird man im obersten Geschoss mit wenigstens 2—3 Stein Stärke beginnen und dann Geschosse von 4 bis 6 m Höhe bilden, die man, nach unten gehend, um je $^1/_2$ Stein verstärkt. Eckpfeiler an Thürmen, Mauern stark belasteter Magazine oder einzelne Pfeiler derselben, müssen inbezug auf ihre Belastung genauer berechnet werden. Das Gleiche ist bei Kirchenmauern nothwendig, welche Seitenschub durch Gewölbe erleiden. Hierbei ist ausserdem noch der Winddruck zu berücksichtigen.

d. Widerlagsmauern bei Bögen und Gewölben.

Die Angaben der nachstehenden Tabelle können nur für die Widerlager von Gewölben geringer Spannweite benutzt werden; die Widerlager dürfen schwächer ausgeführt werden, wenn sie beslastet sind. Auch durch die Hintermauerung der Gewölbe bis zu $^2/_3$ der Pfeilhöhe derselben wird die Stärke der Widerlager ermässigungsfähig, weil durch diese Last die Mittellinie des Druckes eine günstigere Lage erhält. (Vergl. auch Kapitel XIV f und XV d.)

Bezeichnung der Gewölbeart:	Widerlagsstärke bei der Spannweite = l.
1. Tonnengewölbe.	
a. Halbkreisbögen	$^1/_5\ l$
b. gedrückte Bögen, bis $^1/_4$ der Spannweite zur Stichhöhe	$^1/_4\ l$
c. desgl. mit weniger als $^1/_4$ z. Stichh.	$^2/_7\ l$
d. bei überhöhten Bögen	$^1/_6—^1/_7\ l$
2. Preussische Kappen.	
a. Gurtbögen, je nachdem ihre Widerlager mehr oder weniger belastet .	$^1/_3—^1/_5\ l$
b. Kappen	$^1/_4—^1/_5\ l$ (aber nicht unter $1^1/_2$ Stein).
3. Klostergewölbe . . .	bei quadrat. Grundriss $^2/_3$ d. Stärke des Tonnengew. gleich. Spannweite, $^3/_4$, wenn die eine Seite des Grundrisses doppelt so gross, als die andere ist.
4. Scheitrechte Sturze . .	$^1/_2—^1/_3\ l$
5. Kuppelgewölbe . . .	$^1/_8\ l$ (halb so stark wie beim Tonnengewölbe von gleicher Spannweite.
6. Böhmische Kappen . .	$^1/_4—^1/_5\ l$, bei 2 m Spannweite aber nicht unter $1^1/_2$ Stein.
7. Kreuzgewölbe.	
a. gedrückte und halbkreisförmige . .	$^1/_4—^1/_6$ der Spannwt. in diagon. Richt.
b. überhöhte und spitzbogige	$^1/_5—^2/_7$ desgl.
8. Sterngewölbe	$^1/_4—^1/_7$ desgl.*)
9. Gurtbögen.	
a. Rundbögen	$^1/_4\ l$
b. überhöhte oder Spitzbögen	$^1/_5—^1/_6\ l$
c. gedrückte, bis $^1/_8$ Pfeilhöhe	$^1/_4—^1/_3\ l$
d. Segmentbögen, bis $^1/_{12}$ Pfeilhöhe . .	$^1/_2\ l$
e. Scheitrechte Bögen	$^2/_3\ l$

*) Vergl. ferner Gottgetreu „Maurerarbeiten“ usw.

XIII. Thür- und Fenster-Oeffnungen in Mauern.

Grösse und Form der Thür- und Fensteröffnungen eines Gebäudes hängen von der Benutzung desselben, den Geschosshöhen und der Architektur ab. Es kann der obere Abschluss scheitrecht, flach-, rund- oder spitzbogig ausgeführt werden.

a. Thüren und Thore.

Die gewöhnlichen Abmessungen von solchen in ländlichen und städtischen Gebäuden sind folgende:

Scheunen-Thore	3,20	bis	4,50 m	breit,	mindestens	2,80 m hoch
Remisen-Thore	2,50	„	3,20 „	„	„	2,80 „ „
Ausfahrts-Thore in Schafställen .	3,20			„	„	2,80 „ „
Pferdestall-Thüren zum Hineinführen . . .	1,25	„	1,50 „	„	„	2,05 „ „
„ „ zum Hineinreiten	2,55			„	„	2,80 „ „
„ „ gewöhnliche			1,40 „	„	„	2,35 „ „
„ „ für Ackerpferde . .			1,25 „	„	„	2,05 „ „
Rindviehstall-Thüren			1,55 „	„	„	2,20 „ „

Thüren in Wohngebäuden:

Durchfahrts-Thore	2,50	bis	3,50 m	breit,	mindestens	2,80 m hoch
Hausthüren	1,50	„	2,25 „	„	„	2,50 „ „
Thüren für Säle	1,50	„	2,25 „	„	„	2,50 „ „
„ „ Gesellschaftszimmer 2flügelig	1,25	„	1,50 „	„	„	2,50 „ „
„ „ Wohnzimmer 1flügelig	1,00	„	1,25 „	„	„	2,00 „ „
„ „ kleinere Wohnzimmer	0,90	„	1,10 „	„	„	2,00 „ „
Küchenthüren	0,90	„	1,10 „	„	„	2,00 „ „
Speisekammer-Thüren	0,70	„	0,90 „	„	„	1,80 „ „
Tapeten-Thüren	0,60	„	0,70 „	„	„	1,80 „ „

Fig. 223.

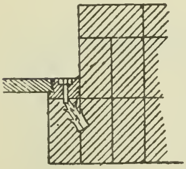


Fig. 224.

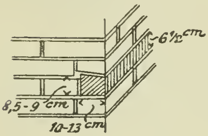


Fig. 225.

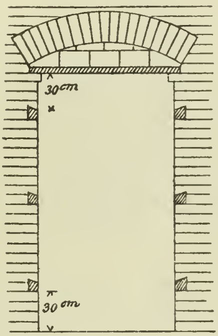
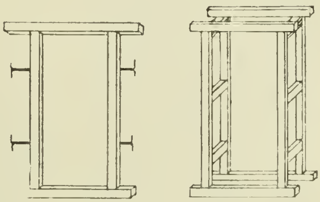


Fig. 226 a u. b.



Alle Haus- oder Eingangs-Thüren werden in der Mauer mit einem sogen. Anschlag von mindestens 25 cm Tiefe und 12 cm Breite zum Befestigen des Futterrahmens angelegt, Fig. 223. Auch gewöhnliche Thüren im Keller, in Ställen usw., welche nur durch Stützhaken und Bänder befestigt werden, erhalten meist Anschläge von 13 cm Breite und Tiefe, innere Thüren dagegen entweder Zargen, Fig. 226a und b, oder eingemauerte Dübel, Fig. 224 und 225, nebst Ueberlagsbohlen, beide aber einen sorgfältig eingewölbten Sturz von $1-1^1/_2$ Stein Stärke. Mauern von 25 cm Stärke bekommen Zargen von 6 bis 8 cm starken Bohlen, solche von 38 cm Stärke und mehr Kreuzholzzargen von $^{10}/_{12}$, $^{12}/_{12}$ oder $^{12}/_{14}$ cm starken Hölzern. Der Zwischenraum zwischen Sturz und Holzwerk wird erst kurz vor dem Putzen der Räume mit hochkantig gestellten Steinen an beiden Seiten flach ausgemauert, Fig. 225. Die Schwellen der Thürzargen sind niemals

sogleich mit zu vermauern, sondern bleiben frei, durch einzelne Mauersteine unterstützt, liegen, bis keine Feuchtigkeit mehr von aussen in das Gebäude eindringen kann. Diese Vorsicht ist nöthig, weil die eingemauerten Schwellen nicht austrocknen können und deshalb leicht der Schwamm an ihnen auftritt. Besser wäre es, diese Schwellen durch L-Eisen zu ersetzen. Die Oeffnungen innerer Thüren müssen für das einzusetzende Futter um 8—10 cm breiter und 4—5 cm höher gehalten werden, als das spätere lichte Maass der Thüren beträgt. Hausthüren erhalten eine Schwelle von Haustein oder von Ziegeln als Rollschicht, mit etwas Neigung nach aussen.

b. Fenster.

Die geringste Breite eines Fensters beträgt 0,3 m, die der 2flügeligen Fenster bei Wohngebäuden 0,90—1,5 m; breitere Fenster werden drei- oder mehrtheilig ausgeführt. Die Höhe eines zweitheiligen Fensters ist gleich der 2 bis $2^1/_3$-fachen Breite, oder gleich der Diagonale des Rechtecks aus der einfachen und doppelten Fensterbreite. Im allgemeinen hängt aber die Fensterhöhe der Massivbauten von der Geschosshöhe insofern ab, als die Höhe für den Fenstersturz bis zur Decke mindestens 25 cm betragen muss, mindestens 38 cm, wenn ein Balken darauf trifft (sonst durch I-Träger zu ersetzen), während die Brüstung 75—90 cm, gewöhnlich 78—85 cm bis Oberkante Fensterbrett hoch wird. Der Rest der lichten Geschosshöhe bleibt für die Fensteröffnung frei.

Fig. 227.

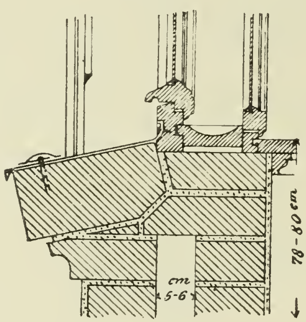


Fig. 228.

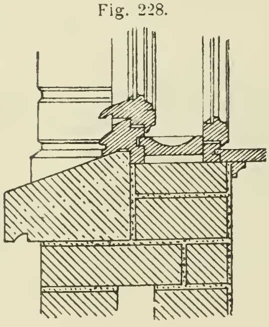
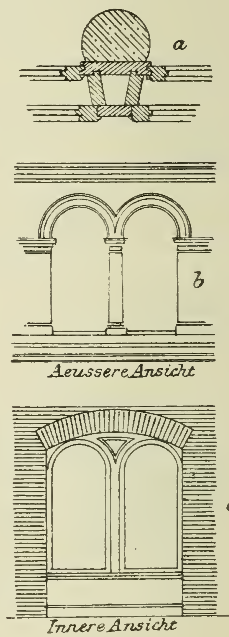


Fig. 229.



Auch die Fenster erhalten einen mindestens 12 cm tiefen Anschlag in der Mauer, dessen Breite 6,5 cm für einfache, 10 cm für Doppelfenster und 12—15 cm für Doppelfenster mit inneren Klappläden zu machen ist. Alle im Aeusseren runden oder spitzbogigen Fenster müssen einen flachbogigen oder wagrechten Sturz erhalten, wenn die oberen Fenster seitwärts aufschlagen sollen; anderenfalls sind die oberen Flügel zum Herunterklappen einzurichten. Die Fensterbrüstungen werden nach aussen durch eine Rollschicht, Fig. 227, durch die Abwässerungssteine, Fig. 1, S. 2, unten rechts, oder eine Sohlbank aus Haustein schräg abgedeckt, damit das Regenwasser leicht ablaufen kann. Die Haustein-Sohlbank, Fig. 228, muss so weit hinter die Kante des Gewändes nach innen fortreichen, dass der Fensterrahmen auf ersterer aufsteht. Die Fugen zwischen Holzwerk und Haustein werden mit getheertem Hanf, Werg oder mit Filzstreifen gedichtet.

Die weniger als 38 cm starken Brüstungen sind mit 4—6 cm breiter Luftschicht zu versehen. (Ueber die Sohlbänke siehe auch S. 21 u. 22.)

Gekuppelte Fenster werden im Aeusseren durch eine kleine Säule oder einen Pfeiler getrennt. Man wird nur dann auch im Inneren einen solchen Mittel-

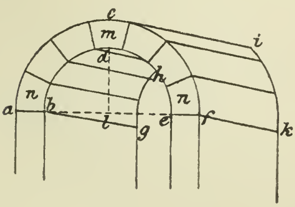
pfeiler stellen können, wenn derselbe mindestens 25^{cm} breit werden und sonach als Stütze der beiden inneren Fensterbögen oder Fenstersturze dienen kann. Es muss also der äussere Pfeiler bei einfachen Fenstern mindestens 38^{cm}, bei Doppelfenstern 45^{cm} breit sein. Gestattet es die Architektur nicht, demselben jene Breite zu geben, so fällt, Fig. 229a, b und c, der Pfeiler innen fort und werden die Fenster selbst im Zusammenhang ausgeführt.

XIV. Bögen.

a. Bezeichnung der Bögen und Bogentheile.

Oeffnungen in Mauern schliesst man entweder mit geradem Sturz oder mit einem Bogen. Man unterscheidet: Wand- oder Gurtbögen, welche in Scheidewänden zweier Räume liegend, deren Zusammenhang vermitteln, oft auch darüber liegende Mauern tragen, oder auch als Widerlager von Gewölben dienen usw., Fenster- und Thür-Bögen, oder -Sturze. Ferner werden unterschieden: Entlastungsbögen, welche die Belastung eines oder mehrerer darunter liegender Bögen abzufangen haben, Nischen- oder Blendbögen, welche zwar Theile von Mauern sind, aber nicht durch deren ganze Stärke reichen, und die entweder eine Ersparniss an Mauerwerk bewirken, oder auch zum Schmuck eines Raumes dienen sollen, endlich Grund- oder Erdbögen, die bereits S. 85 ff. behandelt sind.

Fig. 230.



Kleine Oeffnungen können mit einem geraden Steinbalken, einem Sturz oder Architrav, oder mit keilförmigen Steinen (Werk- oder Mauersteinen), grössere mit Werksteinen oder gewöhnlichen Ziegeln mit keilförmigen Fugen „überdeckt" oder „eingewölbt" werden. Im Mittelalter wurden Gewölbe und Bögen häufig aus Bruchsteinen hergestellt; heute geschieht das viel seltener. Die Steine wurden auf dem Lehrgerüst verlegt und die Fugen nachträglich mit Mörtel vergossen. Eine solche Wölbung ist selbst bei lagerhaftem Material schwierig auszuführen, da die Steine immer etwas mit Hammer und Meissel bearbeitet werden müssen, um grobe Unebenheiten zu beseitigen; auch ist für solche Ausführungsweise der Bögen ein grösserer Halbmesser Voraussetzung.

Die Ansichtsfläche *a b c d e f*, Fig. 230, eines Bogens heisst die „Stirn" oder das „Haupt" (Vor- und Hinterhaupt), die innere Fläche *b d h g l* die „innere Laibung", die äussere Fläche *c i f k* die „äussere Laibung". Die Entfernung *b e* ist die „Spannweite" des Bogens, *ld* die Pfeil- oder Stichhöhe (Pfeil oder Stich), mit dem Scheitel *d*; *n n* sind die „Anfänger- oder Kämpfersteine", *m* ist der „Schlusstein". Jede Wölbung, mit Ausnahme des Spitzbogens, muss einen Schlussstein, keine Schlussfuge haben; eine Fuge darf also, allein mit obiger Ausnahme, nie — senkrecht — im Scheitel liegen. Die den ganzen Druck des Bogens aufnehmenden, unter der „Kämpferlinie" *a b e f* liegenden Mauertheile nennt man die „Widerlager".

Der Form nach unterscheidet man scheitrechte Bögen oder gerade Sturze, Segment- oder Flachbögen, Rundbögen, Hufeisenbögen (bei der maurischen Architektur), Spitzbögen (bei der gothischen), und von diesen wieder den lanzettförmigen Bogen, den Tudorbogen und den Eselsrücken. Gedrückte Bögen sind solche, deren Pfeilhöhe geringer, überhöhte solche, deren Pfeilhöhe grösser als die halbe Spannweite ist; hierzu gehören die elliptischen und Korbbögen, zu den überhöhten auch die mit einer „Stelze" hergestellten Bögen. Liegen die Widerlager der Bögen nicht in gleicher Höhe, so erhält man den steigenden oder einhüftigen Bogen.

b. Zeichnung der Bogenlinie.

Während bei der Frühgothik die Spitzbögen immer „gedrückte" sind, werden dieselben später gewöhnlich nach Fig. 231 so konstruirt, dass die Spannweite *a b* in Kämpferhöhe in vier gleiche Theile getheilt und aus den Mittelpunkten *c* und *d*

mit den Halbmessern *a d* und *b c* der Spitzbogen geschlagen wird, oder, dass, nach Fig. 232, die ganze Spannweite *a b* als Halbmesser genommen wird. Das eingeschriebene Dreieck *a b c* wird dann ein gleichseitiges. Bei gegebener Höhe und Spannweite würde man den Mittelpunkt auch durch Halbirung der Sehne *a c* und durch Errichtung einer Senkrechten in Punkt *d* finden, welche die Kämpferlinie in *b* schneidet, wenn nicht, wie meistens, der Architekt seinem guten Auge vertraut und den Spitzbogen nach Belieben konstruirt. Fig. 233 zeigt einen Lanzettbogen, Fig. 234 den Tudorbogen, Fig. 235 den Eselsrücken und Fig. 236 den maurischen Hufeisenbogen.

Die gedrückten Bögen sind entweder Ellipsenbögen oder Korbbögen, letztere aus mehreren Kreisbögen zusammengesetzt. Die Konstruktion der Ellipse geschieht am einfachsten mittels eines Fadens, der an beiden Enden in den Brennpunkten befestigt ist. Diese Brennpunkte *f* und f_1 in Fig. 237 findet man, wenn man von dem gegebenen Scheitel *d* aus mit dem halben grossen Durchmesser *a c* einen Kreisbogen schlägt, der die Spannweite *a b* in *f* und f_1

Fig. 231.

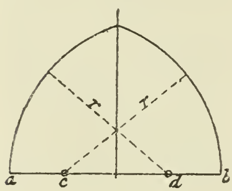


Fig. 232.

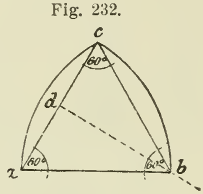


Fig. 233, 234.

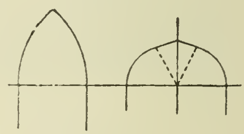


Fig. 237.

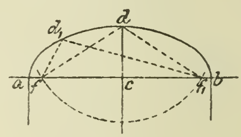


Fig. 235.

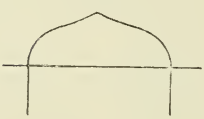


Fig. 236.



Fig. 240.

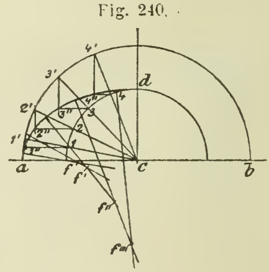


Fig. 238.

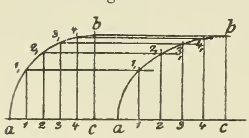
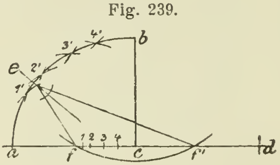


Fig. 239.



schneidet. Lässt man einen Bleistift innerhalb des Fadens von der Länge $fd + f_1 d$ nach *a* und *b* so hingleiten, dass der Faden immer straff angezogen bleibt, so wird die Spitze des Stiftes die Ellipse *a* d_1 *d b* zeichnen. *d c* ist die halbe kleine, *a c* die halbe grosse Axe derselben. Die Fugenlinie findet man durch Halbirung der Winkel, z. B. bei d_1 und *d*.

Sehr einfach ist das Verfahren der sogen. Vergatterung, Fig. 238. Man theilt *a c*, den Halbmesser eines Kreises = der kleinen Axe der Ellipse *b c*, ebenso wie die halbe grosse Axe *a c* der letzteren in gleich viele Theile und macht die in den Punkten 1, 2, 3 und 4 errichteten Ordinaten derselben gleich denen des Kreises. Die Endpunkte 1′, 2′, 3′, 4′ ergeben, mit einander verbunden, die Ellipse.

Auf gleiche Weise findet man, Fig. 239, einzelne Punkte der Ellipse dadurch, dass man durch beliebige Theilung des Stückes *f c* in 1, 2, 3, 4 Längen *a* 1 und 1 *d*, *a* 2 und 2 *d* usw. erhält, mit denen man aus den Brennpunkten *f* bezw. f_1 Kreisbögen schlägt, deren Schnittpunkte 1′, 2′, 3′, 4′, mit einander verbunden, die Ellipse *a e b* ergeben. — Die Richtung der Normalen, also der Fugen der

Wölbung, in einem beliebigen Punkte e findet man wieder in der Halbirungslinie des Winkels, welchen die Radienvektoren, die Verbindungslinien jenes Punktes e mit den Brennpunkten f und f_1, bilden.

Eine vierte bequeme Weise, die Ellipse aus gegebener Spannweite und Höhe des Bogens zu finden, ist die, dass man mit der kleinen und grossen Axe als Halbmesser zwei konzentrische Kreise schlägt, vom Mittelpunkt c aus beliebige Halbmesser $c\,1\,1'$, $c\,2\,2'$ usw., dann durch 1, 2, 3, 4 Parallele zu $a\,b$ zieht, endlich von 1', 2', 3', 4' Senkrechte auf letztere fällt. Die Schnittpunkte 1'', 2'', 3'', 4'' sind Punkte der Ellipse, welche sich aus kurzen Kreisbögen zusammensetzen lässt, wenn man auf der Mitte der Sehnen $a\,1''$, $1''\,2''$, $2''\,3''$ usw. Senkrechte errichtet und deren Schnittpunkte f, f', f'', f''' als Mittelpunkte der Bögen benutzt, Fig. 240. Allerdings wird diese Ellipse nicht völlig senkrecht aus dem Kämpferpunkt a hervor gehen, weil der Mittelpunkt f etwas unterhalb der Kämpferlinie $a\,b$ liegt, doch lässt sich dieser kleine Fehler leicht durch Stelzung verbessern.

Die Anwendung der Ellipse ist schon wegen der Zeichnung der Fugenlinien nicht sehr bequem und eine viel seltenere, als die der Korbbögen, welche aus Kreisbögen mit beliebig vielen Mittelpunkten und Halbmessern zusammengesetzt sind, so dass die den Schnittpunkt zweier Kreisbögen berührenden Tangenten beiden zugleich angehören und in dem Bogen kein Knick entsteht. Je grösser die Zahl der Mittelpunkte, desto grösser ist die Unbequemlichkeit beim Zeichnen, besonders bei grossem Maasstabe, desto grösser auch die Ungenauigkeit der Kurve. In den meisten Fällen wird man Spannweite und Stich

Fig. 241.

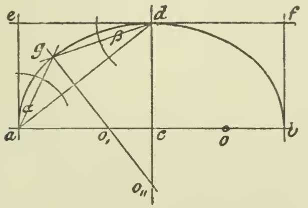
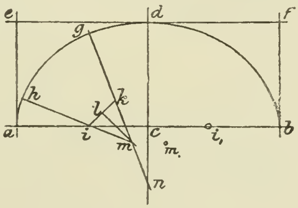


Fig. 242.



der Bögen als gegeben betrachten und dann, nach Fig. 241 und 242, die ansprechendste Form des Bogens durch Probiren bestimmen können.

1. Korbbogen aus drei Mittelpunkten, Fig. 241. $a\,b$ ist die gegebene Spannweite, $c\,d$ die gegebene oder angenommene Pfeilhöhe des Bogens. Man zieht $e\,f \parallel a\,b$ und $a\,e \parallel c\,d$, verbindet a mit d durch die Diagonale $a\,d$ und halbirt die $\sphericalangle\ \alpha$ und β. Die von dem Durchschnittspunkt g der Halbirungslinien gefällte Senkrechte auf $a\,d$ schneidet $a\,b$ in $o_,$ und $c\,d$ in $o_{,,}$ den Mittelpunkten der Kreisbögen, welche sich in g berühren. Hierbei ist nur ein bestimmter Bogen möglich.

2. Korbbogen aus fünf Mittelpunkten, Fig. 242. Man ziehe wieder $e\,f \parallel a\,b$ und $a\,e$ und $b\,f \parallel c\,d$, schlage mit dem angenommenen Halbmesser $n\,d$ einen Kreisbogen etwa bis g und verbinde g mit n. In $a\,c$ nehme man ferner den Mittelpunkt i an, schlage mit $a\,i$ den unbegrenzten Kreisbogen $a\,h$, mache $g\,k = a\,i$, verbinde i mit k, halbire $i\,k$ in l und errichte in l eine Senkrechte, welche $g\,n$ in m schneidet. i, m und n, m, und $i_,$ sind dann die Mittelpunkte der fünf Kreisbögen, h und g zwei Berührungspunkte derselben. Es lässt sich durch Verlegen der Mittelpunkte n und i, sowie durch Verkürzung oder Verlängerung der Strecke $d\,g$ die Form der Bögen beliebig ändern.

Die Zeichnung überhöhter Bögen, welche nur sehr selten, öfter noch bei Gewölben, besonders Kuppeln vorkommen, ist nach dem Gesagten sehr einfach; man hat nur die grosse mit der kleinen Axe zu vertauschen und übrigens wie bei den gedrückten Bögen zu verfahren.

Steigende oder einhüftige Bögen werden hauptsächlich bei Treppenanlagen angetroffen; sie entstehen, wenn die Kämpferpunkte oder Widerlager

ungleich hoch liegen. Am einfachsten bestimmt man die Form durch Vergatterung, wenn die Spannweite, die Pfeilhöhe und der Winkel gegeben sind, den die Verbindungslinie der Kämpferpunkte (Kämpferlinie) mit der Wagrechten bildet. Man schlage Fig. 243, mit der Pfeilhöhe *c d* einen Viertelkreis *b' d'*, theile dessen Halbmesser *b' c'* und ebenso die halben Kämpferlinien *a c* und *c b* in eine Anzahl gleicher Theile und errichte in den Theilpunkten 1, 2, 3, 4 und 1', 2', 3', 4' Senkrechte. Wenn man deren Schnittpunkte mit der Kreislinie *b' d'* nach *a e* projizirt und die Parallelen zu *a b* zieht, erhält man die Schnittpunkte 1'', 2'', 3'', 4'' als Punkte des steigenden Bogens, welcher darnach eine Ellipse sein wird.

Ebenso einfach findet man die Bogenlinie nach Fig. 244, wenn man sich die Seiten *a e* und *b f*, sowie die Linien *e d* und *d f* wieder in eine gleiche Anzahl von Theilen zerlegt denkt. Man verbinde die Punkte *a* mit 4', 1 mit 3', 2 mit 2' usw.; die Schnittpunkte dieser Linien *a*, 1'', 2'', 3'', 4'', *d* sind Punkte des Bogens.

Soll eine Ellipse genau gezeichnet werden, so muss man die Lage und Länge der grossen und kleinen Axe suchen, wie nach Fig. 245 folgendermaassen geschieht: *a b* ist die Kämpferlinie, welche zugleich durch den Mittelpunkt der Ellipse geht, *e f* die Parallelle durch den Scheitel *d*. Man ziehe durch *d* eine Senkrechte auf *e f* und mache $d g = d h = a c$. Verbindet man *g* und *h* mit *c*,

Fig. 243.

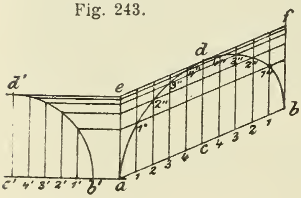


Fig. 244.

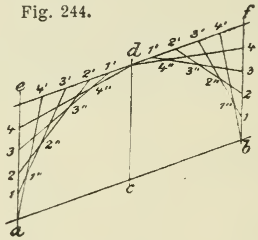


Fig. 245.

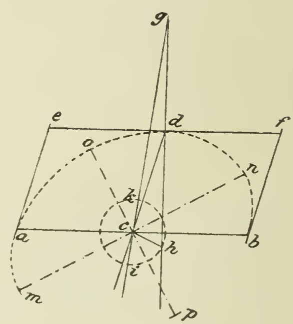


Fig. 246.

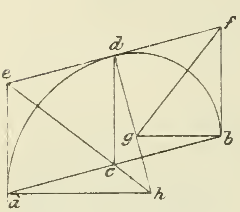
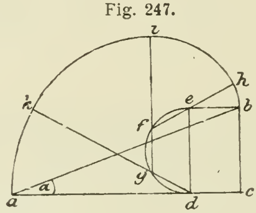


Fig. 247.



so ist die Halbirungslinie des $\sphericalangle g c h$ die Richtung der Axe *m n* der Ellipse und die Senkrechte *o p* hierauf die der kleinen Axe. Die Längen derselben erhält man, wenn man mit *c h* einen Kreisbogen schlägt. Dann ist $m n = g i$ und $o p = g k$ zu machen. Hiernach lässt sich die Ellipse auf eine der früher beschriebenen Weisen zeichnen.

Soll statt der Ellipse ein steigender Korbbogen angewendet werden, so ist das sehr einfach, wenn die Pfeilhöhe *c d* gleich der halben Kämpferlinie *a b* ist, Fig. 246. Man halbirt die Winkel bei *e* und *f* bis die Halbirungslinien die Wagrechten durch *a* und *b* in *g* und *h* treffen; dann sind *g* und *h* die Mittelpunkte des Korbbogens und *d* ist der Berührungspunkt der beiden Kreisbögen.

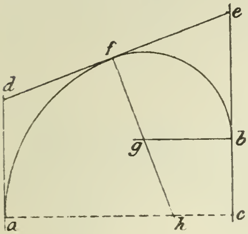
Ist nur die Spannweite *a c* und der Neigungswinkel α der Kämpferlinie gegeben, Fig. 247, so mache man $c d = \frac{1}{2} a c - \frac{3}{4} b c$, $e d \parallel$ und $= b c$, schlage über *e d* den Halbkreis *e f g d* und theile $e f = f g = g d$. *e*, *f*, *g* und *d* sind dann die Mittelpunkte für die Kreisbögen *b h*, *h i*, *i k* und *k a*.

Ist dagegen der Kämpferpunkt *a*, die Spannweite *a c* und die Richtung der Scheitellinie *d e* bekannt, diese also nicht $\parallel$ der Kämpferlinie, so mache man, Fig. 248: $d f = a d$ und $b e = f e$ und errichte in *f* eine Senkrechte auf *d e*, welche die Wagrechten *b g* in *g* und *a c* in *h* schneidet; dann sind *g* und *h* die

Mittelpunkte der beiden Kreisbögen, aus welchen sich der Korbbogen zusammensetzt und *f* ist ihr Berührungspunkt.*)

Es wird wohl immer gelingen, in kleinem Maasstabe eine tadellose Kurve auf dem Papier zu zeichnen; sehr schwierig wird das aber, wenn dieselbe in natürlichem Maasstabe aufgetragen werden soll; hierbei wird es ohne Knicke und Unschönheiten nicht abgehen, die man erst bemerkt, wenn man den Bogen aus grösserer Entfernung betrachtet. Zur Verzeichnung grosser Kurven in natürlichem Maasstabe braucht man einen ebenen Schnürboden, aus Brettern auf Lagerhölzern oder als Gips- oder Zementestrich auf einem Ziegelpflaster hergestellt, der so gross sein muss, dass alle Halbmesser und Mittelpunkte darauf angegeben werden können Hat man auf solchem Schnürboden die Bogenlinie konstruirt, so nimmt man dünne Stäbe, etwa 1—1,5 ^{cm} im Quadrat und 4—8,0 ^{m} lang, und lässt dieselben den aufgetragenen Bogen genau verfolgen, indem man sie durch rechts und links leicht eingeschlagene Nägel befestigt. Reicht ein Stab für sich nicht aus, so legt man einen zweiten so darüber, dass er auf eine Länge von etwa 50 ^{cm} den ersten deckt. Die Enden müssen besonders gut durch Nägel in ihrer Lage erhalten werden. Die Stäbe werden jede Unregelmässigkeit der Kurve durch Ausbauchungen angeben; man muss dann durch Herausziehen und Versetzen der Nägel Abhilfe schaffen. Sobald die Stäbe willig in ihrer gegebenen Lage verbleiben, ist es ein sicheres Zeichen, dass die Kurve tadellos ist. Man kann die Nagelung in vortheilhafter Weise auch durch kleine Eisengewichte ersetzen.

Fig. 248



c. Ausführung der Bögen.

α. Bögen aus Ziegeln.

Jeder Bogen „setzt sich", d. h. senkt sich, wenn der Mörtel in den Fugen zu trocknen anfängt, besonders aber, wenn das Lehrgerüst fortgenommen wird. Das Maass des Setzens lässt sich weder rechnerisch, noch durch Erfahrung genau feststellen; es hängt von der Spannweite des Bogens und dessen Pfeilhöhe, von der Fugen-Zahl und -Weite und von der Beschaffenheit des Mörtels ab. Soll ein Bogen also ziemlich genau so aussehen, wie er gezeichnet ist, so muss das Lehrgerüst eine Ueberhöhung erhalten, welche zu $^1/_{200}$—$^1/_{80}$ der Spannweite angenommen wird.

Bei scheitrechten Bögen ist das Setzen unvermeidlich; daher werden auch bei diesen so häufig Risse angetroffen. Man sollte solchen Bögen nie über

Fig. 249.

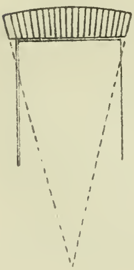


Fig. 250.

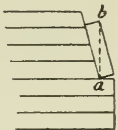


Fig. 251.

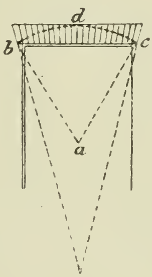


Fig. 252.

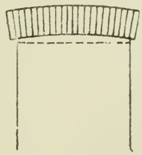
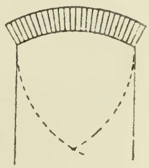


Fig. 253.



2 ^{m} Spannweite geben; aber auch bei dieser Weite ist es besser, eiserne Träger statt des scheitrechten Bogens anzuwenden. Hauptregel ist, das die Fugen senkrecht zur Bogenlinie, also radial gerichtet sind. Scheitrechte Bögen sind, streng genommen, Segmentbögen, mit wagrechten Laibungen. Sind die Steine lang

*) Verwickelte Konstruktionen eignen sich für die Praxis wenig. S. über solche Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1883, S. 92.

genug, so kann man die äussere Laibung bogenförmig stehen lassen, wodurch der Bogen im Scheitel verstärkt wird und weniger leicht reisst, Fig. 249. Das Widerlager soll um eine Steinstärke in die Mauer hinein gerückt und der erste Wölbstein so gestellt werden, dass sich zwei Diagonalpunkte *a b*, Fig. 250, im Loth befinden (leider nicht immer der Fall!). Den Mittelpunkt, nach welchem hin sich alle Fugen zu richten haben, findet man als Schnittpunkt der Verlängerung jener beiden Kämpferlinien, Fig. 251, die Gewölbestärke nach einer empirischen Regel, indem man mit der Spannweite *b c* ein gleichschenkliges Dreieck bildet und um dessen Spitze *a* mit *a b* einen Kreisbogen schlägt, wodurch ein Segment *b c d* entsteht, dessen Scheitelhöhe die Stärke des Bogens angiebt. Bei Ziegelmauerwerk beträgt dieselbe fast immer 1 Stein oder $1\frac{1}{2}$ Stein, selten zwei Stein Stärke. Werden die scheitrechten Bögen später geputzt, so giebt man ihnen

Fig. 254.

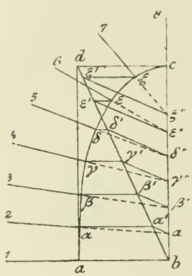


Fig. 255.

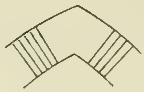


Fig. 257.

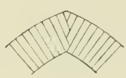


Fig. 256.

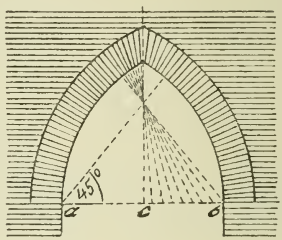


Fig. 259.

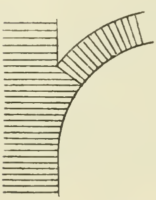


Fig. 260 u. 261.

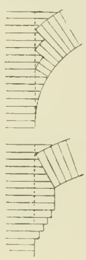


Fig. 258.

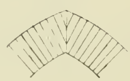
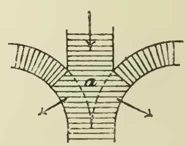


Fig. 262.



des Setzens wegen einen kleinen Stich. Die geringe Wölbung, die dabei etwa verbleibt, wird später wagrecht in dem Putz abgeglichen, Fig. 252.

Segmentbögen nennt man, wenn der Halbmesser gleich der Spannweite ist, Kreuzbögen, Fig. 253. Man giebt den Segmentbögen:

bis 10 m Spannweite nicht unter $\frac{1}{12}$ } der Spannweite
„ 10—20 m „ „ „ $\frac{1}{10}$ } zur Pfeilhöhe.

Bei der Ellipse kann nach Annales des Ponts et Chaussées folgende einfache Ermittelung der Fugenrichtung ausgeführt werden, Fig. 254:

Man ziehe *a d* und *d c* ∥ *a b* und *b c*, verbinde *b* mit *d* und fälle von den Theilpunkten der Ellipse α, β, γ, δ usw. Senkrechte auf *b c*, welche *b d* in den Punkten α', β', γ' usw. treffen. Von diesen Punkten aus errichtet man Senkrechte auf *a c* (diese Linie ist in der Zeichnung der Klarheit wegen fortgelassen), welche die Linie *b c* in α'', β'', γ'' usw. schneiden. Verbindet man α'' mit α, β'' mit β usw., so geben die Verlängerungen dieser Linien *a* 1, α 2, β 3 usw. die Fugenrichtungen.

Bei Spitzbögen sind die Fugen nach zwei Mittelpunkten gerichtet; in Ziegelmauerwerk lässt sich aber das Scheitelstück nicht gut ausführen, weil hier die Steine zu stark verhauen werden müssen. Deshalb wird als Schlussstein oft ein Werkstück oder grösseres Terrakottastück eingefügt, Fig. 255. Will man aber auch den Scheitel aus Ziegeln herstellen, so wölbt man, wenn man nicht etwa einen Ziegelrohbau ausführt, in gewöhnlicher Weise, bis der Halbmesser mit der Wagrechten durch die Mittelpunkte einen ∢ von 45° bildet, theilt dann

die halbe Spannweite bc in einen Theil mehr, als Fugen bis zum Scheitel möglich sind und zieht die Fugenrichtungen nach den Theilpunkten, Fig. 256. In Fig. 257 ist der Schluss mit Verzahnung ausgeführt, was besser ist, als, wie in Fig. 258, eine Schlussfuge anzuordnen. Dies geschieht allerdings sehr oft, ist aber eigentlich unstatthaft.

Gurtbogen-Anfänger sind bei Segment-, Rund- und Korbbögen zur Verstärkung des Widerlagers gleich bei Aufführung des Geschossmauerwerks im Verbande mit diesem, und unter Verwendung von verlängertem Zementmörtel mindestens so weit auszukragen, dass die Verlängerung der inneren Mauerkante nach oben nicht mehr die äussere Laibungskante trifft, Fig. 259. Die Auskragung kann auch konsolartig, wie in Fig. 260, erfolgen. Würde sie bei starken Bögen zu weit ausladen, so kann nach Fig. 261 der Bogen am Widerlager abgesetzt werden. Besonders bei Bogenstellungen über Pfeilern sind die Bögen nicht, wie in Fig. 262 punktirt angegeben, bis auf die Kämpferlinie herab zu führen, weil der bei a entstehende Keil die Bögen auseinander treiben würde.

Müssen Bögen stärker als 2 Stein mit gewöhnlichen Ziegelsteinen eingewölbt werden, so würden die Steine an der inneren Seite der Laibung sehr dünn werden, also stark zu verhauen sein, während andererseits die Fugen an

Fig. 263.

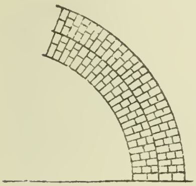


Fig. 264.

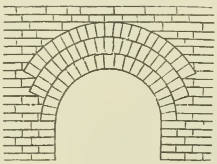


Fig. 265.

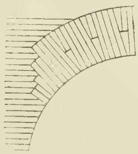


Fig. 266.

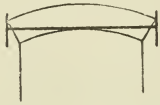


Fig. 267 u. 268.

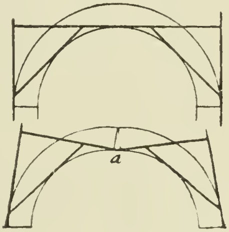


Fig. 269.

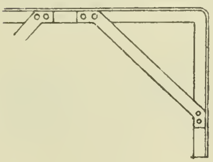
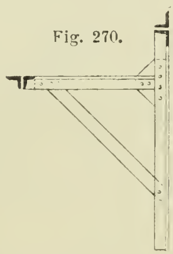


Fig. 270.



der äusseren Laibung sehr stark ausfielen. Um das zu vermeiden, wölbt man in dem Falle zwei selbständige Bögen über einander, Fig. 263. Die Haltbarkeit ist hierbei aber nicht so gross, wie bei einem ungetheilten Bogen von derselben Stärke, weil jene beiden sich wegen der verschiedenen Fugenzahl leicht ungleichmässig setzen und dann nur der eine die Last trägt. Zur Vermeidung dieses Uebelstandes wölbt man die einzelnen Bögen manchmal so, dass sie die gleiche Anzahl Stossfugen enthalten, Fig. 264. Bedingung ist bei solchen „Schalenbögen" (Rouladen) eine sehr sorgfältige Ausführung. Die Fugentheilung erfolgt immer auf der Mittellinie des Bogens. Bei bedeutender Belastung kann man dem ungleichmässigen Setzen zweier über einander liegender Bögen auch dadurch begegnen, dass man nach Fig. 265 nur einen von gleicher Stärke herstellt, welcher aus verschiedenen einzelnen Theilen zusammengesetzt ist, die aus einer Anzahl durchgehender Ziegelschichten mit parallelen Fugen und zwischengelegten Keilsteinen bestehen. Gut bindender Mörtel ist dabei Voraussetzung.

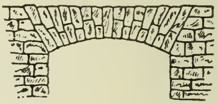
Sind die Widerlager zu schwach, um dem Seitenschub des Gewölbes zu widerstehen, so sind Anker anzuordnen, welche möglichst nahe an der inneren Laibung liegen müssen, Fig. 266. Bei Bögen mit grösserer Pfeilhöhe, also z. B. halbkreisförmigen, würde die günstigste Lage des Ankers mit der Kämpfer-

linie zusammen fallen. Weil man ihn aber meistens verstecken will, muss er, nach Fig. 267, besonders lange, vernietete senkrechte Splinte (Schenkel) bekommen, deren untere Enden durch schräge Bänder mit der Zugstange zu verbinden sind. Wie aber Fig. 268 zeigt, wird durch den Seitenschub des Bogens diese Zugstange bei *a* auf Biegung inanspruch genommen, weshalb hier ein einfaches Bandeisen gewöhnlich nicht genügen wird. Man hat statt dessen ein T Eisen, bei Bögen von bedeutender Spannweite zwei L Eisen zu verwenden, Fig. 269 und 270.

β. Bögen aus Bruchsteinen.

Kann man sich zur Herstellung der Bögen eines lagerhaften oder schieferartigen Bruchsteines bedienen, der mit Hammer und Meissel leicht bearbeitungsfähig ist, so lassen sich selbst kleinere Oeffnungen gut damit schliessen. Die Steinschichten müssen normal zur Schalung gerichtet, sorgfältig in Verband gelegt und mit möglichst gleich starken Fugen gemauert sein, damit sich der Bogen gleichmässig setzen kann. Die nicht zu vermeidenden, klaffenden Fugen sind durch kleinere Steinstücke auszuzwicken; auch ist sehr darauf zu sehen, dass möglichst viele Steine durch die ganze Bogenstärke reichen. In der Nähe des Widerlagers verwendet man die grössten, nahe dem Scheitel die kleinsten Steine. Sehr wichtig ist, dass der Schlusstein gut schliesst; derselbe kann mit einem hölzernen Hammer auch etwas nachgetrieben werden. Die Steine werden entweder gleich in Mörtel versetzt oder erst später mit solchem vergossen. Das Vergiessen mit Mörtel muss sehr sorgfältig geschehen, weil dabei der Sand sich leicht aus der Mörtelmischung sondert und tiefer hinab sinkt, wodurch eine Mörtelfuge von ungleichmässiger Festigkeit entsteht.

Fig. 271.



Man nimmt die Stärke des Bogens etwas grösser als die eines Ziegelstein-Bogens gleicher Spannweite an und pflegt deshalb auch die Hintermauerung des Gewölbezwickels mit zentral gerichteten Fugen auszuführen, Fig. 271. Wegen der Stärke und Unregelmässigkeit der letzteren muss mit dem Ausrüsten immer länger gewartet werden, als bei einem Ziegelstein-Bogen.

γ. Bögen aus Werksteinen.

Bei Werksteinen werden die Fugen **scheitrechter** Bögen vortheilhaft nicht nach **einem**, sondern nach **drei** Mittelpunkten gerichtet, wodurch man vermeidet, dass die Wölbsteine nach den Widerlagern hin zu spitzwinklige

Fig. 272.

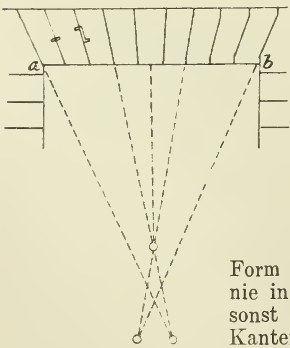


Fig. 274 b.



Fig. 273.

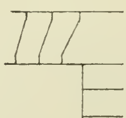


Fig. 275 a u. b.

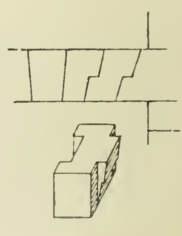
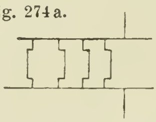


Fig. 274 a.



Form annehmen, Fig. 272. Die Widerlagssteine dürfen nie in der Kämpferlinie *a b* eine Lagerfuge haben, weil sonst die Winkel bei *b* und *a* zu spitz werden und die Kanten abbrechen würden. Rechterseits in Fig. 272 sind zur Beseitigung der spitzen Winkel der Wölbsteine die Stossfugen an den Enden so gebrochen, dass sie auf der inneren und äusseren Laibung senkrecht stehen. Die schräge Fugenrichtung des äussersten Steines

darf dabei aber nicht durch die Ecke bei *b* gehen, sondern es müssen sämmtliche Steine etwas kleiner getheilt werden, als links. Zur Verminderung der lichten Spannweite werden zweckmässigerweise die Widerlagssteine etwas ausgekragt; in diesem Falle erhält man allerdings eine Kämpferfuge, Fig. 273.

Zur Verbindung der Wölbsteine bedient man sich mitunter auch der Dübel oder der Klammern in ⅂L-Form, die beide normal zu den Lagerfugen liegen müssen, Fig. 272. Der scheitrechte Bogen wird häufig versteckt zur Bildung von grossen Architraven verwendet. In diesem Falle ordnet man im Aeusseren lothrechte Fugen an, welche aber nicht durch die ganze Dicke des Steines reichen, sondern nur 10—15 cm Tiefe haben. Zwischen diesen lothrechten Fugen liegen die eigentlichen Lagerfugen. Fig. 274a zeigt die Obersicht eines solchen Architravs, Fig. 274b einen Wölbstein. Es kommen auch Architrave mit verkröpften oder Hakensteinen vor, Fig. 275a; der Schlusstein bleibt dann ohne Verkröpfung. Fig. 275b zeigt einen Wölbstein mit versteckter Verkröpfung. Derartige Formen der Quader sind aber nicht zu empfehlen, weil die Verkröpfung, welche vom Steinmetz nie sorgfältig genug gearbeitet werden kann, eine genauere Verbindung der einzelnen Steine sehr hindert und deshalb zum Bruch derselben Veranlassung giebt. Sobald der Rücken der Wölbsteine gleichlaufend mit der Laibung bearbeitet ist — wie das in der Antike und im Mittelalter fast ausschliesslich der Fall war und wie es auch heute fast immer bei Archi-

Fig. 276.

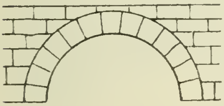


Fig. 277.

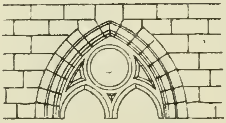


Fig. 278.

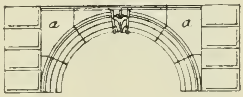


Fig. 279.

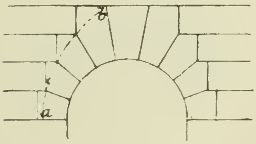
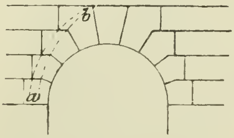


Fig. 280.



volten ausgeführt wird —, Fig. 276, hat das den Nachtheil, dass die dem Scheitel des Bogens zunächst liegenden Quader sehr spitze Winkel erhalten. Es ist deshalb zweckmässig, wenigstens die Bogensteine am Scheitel mit den Quaderschichten in Verband zu bringen, Fig. 277. Bei Archivolten, welche zwischen Pfeilern liegen, wird der Steinschnitt wie in Fig. 278 ausgeführt, wobei die Zwickel *a* nur aus dünnen Platten zu bestehen brauchen, während die Eckzwickel immer mit den Archivolten-Stücken zusammenhängen müssen. Meist werden sämmtliche Bogensteine mit der Quaderung der Mauerfläche in Verbindung gebracht, was häufig seine Schwierigkeiten hat, wenn die Quader einerseits gleich hoch, die Bogenquader andererseits an der inneren Laibung des Bogens gleich breit sein sollen. Denn Hauptbedingung ist dabei, dass die punktirte Verbindungslinie *a b* aller Schnittpunkte, Fig. 279, eine fortlaufende Kurve, oder allenfalls noch eine gerade Linie bilde. Sobald diese Bedingung nicht erfüllt ist, sieht die Bogenquaderung schlecht aus. Durch Versuche anderweiter Theilung, tiefer oder höher Legen der Kämpferlinie, Einschieben eines schmalen Quader- oder Friesstreifens über der obersten Quaderschicht usw., wird aber der Architekt sich stets zu helfen wissen.

Oft findet man auch die sogen. Hakenquader benutzt, bei welchen dasselbe Gesetz Geltung hat, deren Anwendung man aber möglichst vermeiden muss, weil sie bei etwas ungenauer Arbeit leicht brechen, Fig. 280.

d. Ausführung der Thür- und Fenstersturze.

Die Anordnung scheitrechter Bögen ist bei Fenstern und Thüren unvermeidlich; sie bekommen jedoch fast immer Risse, auch wenn ein Entlastungsbogen über ihnen angeordnet ist, an welchem man den scheitrechten Bogen, sobald er grössere Spannweite hat, aufhängt. Geschieht Letzteres, so setzt man ihn praktischer Weise aus zwei Bögen zusammen, die in der Mitte ihre Widerlager an einem Werkstein finden, der fest an dem oberen Bogen mittels Anker und Gussplatte aufgehängt ist. Ist diese genügend gross, so kann das Widerlager auch mit wagrechten Schichten aufgemauert werden. Häufig wird auch ein einzelner, scheitrechter Bogen, der also nicht aus zweien zusammengesetzt ist, in derselben Weise unterstützt. Der Zwischenraum zwischen beiden Bögen wird später nur flach, mit hochkantig gestellten Steinen zugesetzt, Fig. 281a u. b.

Gewöhnlich erhalten Thür- und Fenstersturze Anschläge. Ist dann auch der innere Bogen scheitrecht, so entstehen keinerlei Schwierigkeiten, Fig. 282a u. b; soll aber der innere Bogen ein flacher Segmentbogen werden, so wölbt man die obere Laibung des äusseren Bogens auch segmentartig, die untere wagrecht und lässt im Inneren das untere Segment fort, wie Fig. 283 zeigt. Beide Bögen sind aber im Verbande auszuführen. Der innere Bogen wird 4 cm über der Unterkante des äusseren Bogens begonnen und erhält 11 cm Stich, so dass die Pfeilhöhe des inneren Segments nur 15 cm beträgt. Mehr darf nicht genommen

Fig. 281a und b.

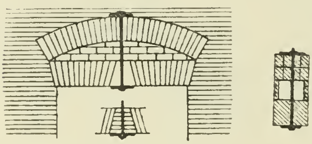
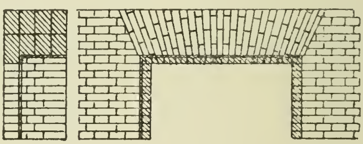
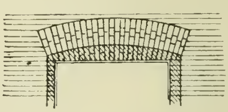


Fig. 282a und b.



werden, weil sonst die mittleren Steine des scheitrechten Sturzes weniger als 10 cm in die innere Wölbung eingreifen und keinen Halt haben würden. Das Anbringen einer Deckbohle über dem inneren Fenstersturz, welches allerdings das Befestigen der Gardinen- und Rouleauxhaken erleichtert, ist nur dann ausführbar, wenn die Fensterlaibungen hölzerne Verkleidung wie die Thüren erhalten; vergl. Fig. 287b.

Fig. 283.



Erweitert man im Inneren die Fensternische durch Anlage divergirender Laibungsflächen, wie es bei starken Frontmauern und besonders bei Kellerfenstern üblich ist, so giebt das schon beim Aufmauern der Fensterpfeiler sehr starken Verhau der Ziegel.

Die Ausführung des Bogens, mag es nun ein scheitrechter oder ein Segmentbogen sein, erfordert besondere Sorgfalt, da der Sturz nur absatzweise eingewölbt werden kann, Fig. 284a, b und c. Auch diesen nach innen abzuschrägen, wäre ein grober Fehler, weil der Bogen in dem Falle, besonders an den Widerlagern, zumeist aus verhauenen Steinen bestehen würde.

Gekuppelte Fenster mit schwachen Mittelpfeilern lassen sich sehr einfach durch einen grossen Bogen e n t l a s t e n, Fig 285. Bei H a u s t e i n werden die inneren Laibungen immer aus Ziegel- oder in steinreichen Gegenden allenfalls aus Bruchsteinen aufgemauert. Man hat hierbei gewöhnlich eine äussere Quaderverblendung, gegen welche sich ein glattes Gewände lehnt, und dann die innere Fensterlaibung von Ziegelstein, Fig. 286. Soll die Mauer — in seltenen Fällen — der ganzen Dicke nach aus Werkstein hergestellt werden, so führt das besonders bei divergirenden Gewänden und Segment- oder Rundbögen zu einem verwickelten Steinschnitt.*) Bei gemischtem Mauerwerk mit Einfassungen der

*) Näheres im Lehrbuch des Steinschnittes von A. Ringleb.

Thüren und Fenster aus Werkstein, aber geputzten oder Rohbauwänden in Fassaden, die in Bruch- oder Ziegelstein ausgeführt sind, hat man ebenfalls sorgfältig auf Entlastung der geraden Sturze und darüber liegenden Gesimse zu achten, Fig. 287a und b und Fig. 288a und b.

Der Gewändesturz muss stets aus einem Stück bestehen. Ist das auch bei Fries und Verdachung der Fall, so braucht nur über dem Ganzen ein Entlastungsbogen geschlagen zu werden, dessen Widerlager mindestens über dem senkrechten Gewände, besser aber darüber hinaus liegt. Der Zwischenraum zwischen Bogen und Haustein bleibt so lange als möglich offen, Fig. 289. Besteht aber das

Fig. 284a, b u. c.

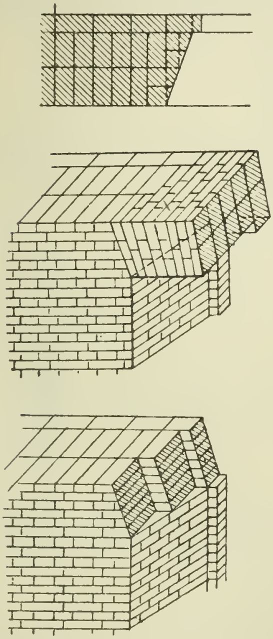


Fig. 285.

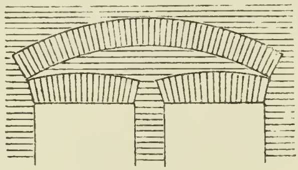


Fig. 286.

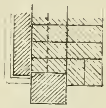


Fig. 287a u. b.

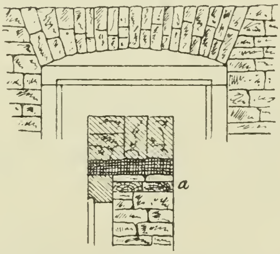


Fig. 289.

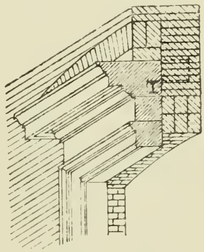


Fig. 288a u. b.

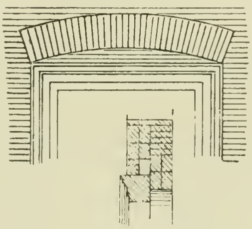
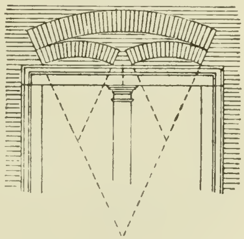


Fig. 290.



Gesims aus mehreren Stücken, so müssen ähnlich, wie S. 22 angegeben, die Gesimssteine tiefer in die Mauer eingreifen und ausgeklinkt werden; auch ist ein Träger einzuschieben, auf welchem sie ruhen. Die Fuge zwischen Fries und Gesimssteinen bleibt offen.

Auch die Ueberdeckungen gekuppelter Fenster mit Haustein-Einfassungen werden, ebenso wie die Fenster in Fig. 285, entlastet, Fig. 290, wobei aber die Herstellung des Sturzes aus zwei, über der Mitte des Pfeilers zu stossenden Stücken zu empfehlen ist.

e. Steinverband der Bögen.

Der Steinverband der Mauerbögen entspricht vollständig dem der früher erwähnten Pfeilerverbände. Zumtheil ist dieser Verband auch schon in den Figuren 281, 282, 284, 288 und 289 angegeben worden; der Uebersicht wegen soll er

hier noch einmal für die verschiedenen Mauerstärken zusammengestellt werden. Fig. 291 und 292 zeigen fünf Bogen-Verbände mit Anschlägen für Fenster und Thüren.

Werden im Keller oder Erdgeschoss sehr starke Mauern angeordnet, so sucht man wohl an Material und Raum durch Anlage sogen. Blendbögen zu sparen, deren Ausführung ohne Schwierigkeit nach Fig. 293 geschehen kann; man findet dieselben auch aus architektonischen Rücksichten in Eingangshallen, Treppenhäusern usw.

Wie erwähnt, müssen bei halbkreisförmigen Bögen mit kleinem Halbmesser die Steine keilförmig zugehauen werden, wenn man sie nicht schon in Keilform von der Ziegelei bezieht. Diese keilförmige Gestalt hat ihre Grenzen. Z. B. müssen bei Normalformat der Steine diese am schwächsten Ende 43 mm dick sein und es kann darnach der kleinste Halbmesser eines Bogens noch betragen:

von $^1/_2$ Stein Stärke = 25,1 cm
„ 1 „ „ = 53,3 cm
„ $1^1/_2$ „ „ = 79,6 cm

Flachbögen werden aus gewöhnlichen Steinen mit keilförmigen Fugen hergestellt. Nimmt man die stärkste Stelle der Fuge zu 15 mm, die schwächste zu 7,5 mm an, so berechnet sich der kleinste Halbmesser eines Bogens:

bei 1 Stein Stärke zu 2,416 m
„ $1^1/_2$ „ „ „ 3,671 m
„ 2 „ „ „ 4,930 m

Fig. 291.

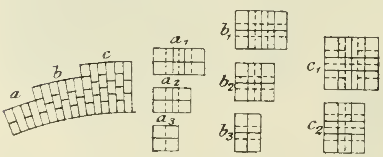


Fig. 292.

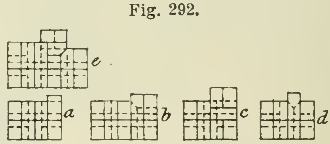
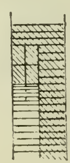


Fig. 293.



Allerdings findet man die Fugen häufig noch erheblich mehr keilförmig gestaltet, als bei dieser Berechnung vorausgesetzt ist. Wenn aber dieselben an der schwächsten Stelle zu dünn werden, so ist man gezwungen, eine der S. 105 angegebenen Aushilfen zu wählen.

f. Stärke der Bögen und Widerlager.

Die Stärke der Gurtbögen im Scheitel wird oft nach folgenden empirischen Regeln ausgeführt:

bei der Spannweite	halbkreisförmig	überhöht	gedrückt bis zu $^1/_8$ Pfeilhöhe
bis nahe zu 1,75 m	1 Stein	$^1/_2$ Stein	$1^1/_2$ Stein
von 2 bis 3 m	$1^1/_2$ „	1 „	$1^1/_2$—2 „
„ 3,5 „ 5,75 m	2 „	$1^1/_2$ „	2 —$2^1/_2$ „
„ 6 „ 8,5 m	$2^1/_2$ „	$1^1/_2$—2 „	$2^1/_2$—3 „

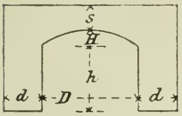
Bei grösserer Spannweite giebt man dem Bogen eine Stärke s im Scheitel von $^1/_{12}$—$^1/_{15}$ der Spannweite oder bei Halbkreisbögen und Flachbögen bis $^1/_3$ der Pfeilhöhe, bei festem Ziegelstein: $s = 0{,}24^{\text{m}} + {}^1/_{16}\, D$ und bei Quadern: $s = 0{,}24^{\text{m}} + {}^1/_{32}\, D$. Das Widerlager erhält erfahrungsmässig:

bei Rundbögen $^1/_4$ der Spannweite;
„ überhöhten oder Spitzbögen $^1/_5$—$^1/_6$ der Spannw.;
„ gedrückten bis zu $^1/_8$ Pfeilhöhe $^1/_4$—$^1/_3$ der Spannw.;
„ Segmentbögen bis $^1/_2$ Pfeilhöhe $^1/_2$ der Spannw.;
„ scheitrechten Bögen $^2/_3$ der Spannw.

Ist der Gurtbogen im Scheitel abgeglichen, so nehme man, Fig. 294, die Widerlagsstärke:

$$d = \frac{D}{8}\left(\frac{3\ D - H}{D + H}\right) + {}^1\!/_6\, h + 0{,}3^{\mathrm{m}}.$$

Fig. 294.



Wird $H = n\,D$ gesetzt, so ist:

$$d = \frac{D}{8}\left(\frac{3 - n}{n + 1}\right) + {}^1\!/_6\, h + 0{,}3^{\mathrm{m}}.$$

Grössere Belastung der Widerlager von oben lässt eine erhebliche Einschränkung dieser Abmessungen zu. Ebenso ist das der Fall, wenn der Seitenschub eines Gurtbogens durch den eines zweiten, daran stossenden ganz oder zumtheil aufgehoben wird.

g. Ausführung der Bögen; Wölbscheiben, Lehrbögen und Lehrgerüste.

Jeder Mauerbogen muss von zwei, ein grösserer und besonders breiter von vier Maurern, welche zu je zwei an beiden Seiten stehen, von den Kämpfern anfangend nach der Mitte zu gewölbt werden, und zwar ohne wesentliche Unterbrechung, weil sonst der Mörtel in dem Bogen durch das Abbinden und Trocknen ungleiche Festigkeit annehmen würde. Der Schlusstein soll gut passend eingelegt, doch nicht mit Gewalt eingetrieben werden, weil der Mörtel sonst von allen Steinen losreissen würde. Grössere Brückenbögen werden in mehreren Abtheilungen eingewölbt, um den Wölbeprozess möglichst zu beschleunigen und um ausserdem eine Verdrückung des Lehrgerüstes während des Wölbens durch ungleichmässige Belastung zu verhindern. Die Stossflächen von Werksteinen glatt zu bearbeiten oder Lagerflächen von Bruchsteinen ganz glatt zu belassen, ist ein Fehler, weil dabei der Mörtel schlecht haftet.

Der zur Einwölbung zu verwendende Mörtel ist mit Sorgfalt zu bereiten. Man war früher der Ansicht, dass ein langsam erhärtender Kalkmörtel, welcher allen Formänderungen des Bogens, die z. B. durch das Setzen und Ausweichen der Widerlager entstehen können, besser zu folgen vermöchte, einem rascher bindenden Zementmörtel vorzuziehen sei. Seit durch genaue Beobachtung und zahlreiche Versuche eine zweifelsfreie Kenntniss der Zug- und Druckfestigkeit des Zementmörtels gewonnen ist, weiss man, dass eine aufmerksame Ausführung der Wölbung unter Benutzung eines guten, sorgfältig und sachgemäss bereiteten Mörtels aus Portland-Zement am besten geeignet ist, grössere Formveränderungen der Bögen und Gewölbe zu verhindern.*)

Wird 1 $^{\mathrm{qcm}}$ des Gewölbequerschnitts nur mit 12—15 $^{\mathrm{kg}}$ inanspruch genommen, so genügt eine Mischung von 1 Th. Zement, 1 Th. Kalk und 6 Th. Quarzsand oder auch ein guter Trassmörtel, aus 1 Th. Trass, 1 Th. Kalk und 1 Th. Sand bereitet. Wenn jedoch die Druckbeanspruchung eine erheblich grössere — vielleicht 30 bis 50 $^{\mathrm{kg}}$ auf 1 $^{\mathrm{qcm}}$ ist —, so ist Zementmörtel, 1 Th. Zement und 2, höchstens 3 Th. Sand, zu verwenden. Das Annässen der Steine vor dem Vermauern, sowie das Feuchthalten der Wölbung und der Schutz gegen Sonnenstrahlen während einiger Wochen sind dabei nicht ausseracht zu lassen.

Ein Wechsel des Standes der Maurer ist beim Einwölben angebracht, damit die persönlichen Gewohnheiten und Eigenthümlichkeiten beim Mauern möglichst ausgeglichen werden.

Zur Ausführung der Bögen sind Wölbscheiben, Lehrbögen oder Lehrgerüste erforderlich.

Bei scheitrechten Bögen aus Ziegeln und von geringerer Spannweite legt man ein Brett wagrecht unter die auszuführende Wölbung und stützt dasselbe in der Mitte durch ein zweites, unter 45^0 gerichtetes ab, welches wieder durch ein drittes, ebensolches in seiner Stellung erhalten wird. Die letzterwähnten beiden Bretter finden ihr Auflager in einer Lücke der Mauer oder auf einem ausgekragten Stein; durch ein strammes Einsetzen derselben lässt sich eine kleine Biegung des ersten, wagrecht liegenden Brettes hervorbringen, welche als Stich

*) Centralbl. d. Bauverw. Jahrg. 1885, S. 473 und Jahrg. 1887, S. 325.

des scheitrechten Bogens dient, Fig. 295. Scheitrechte Werkstein-Bögen müssen ihrer grösseren Last wegen über Kreuzholz-Gerüsten eingewölbt werden, deren Stützen gegen Ausbiegung in der Mitte durch Steifen gesichert sind; kleine Keile bei *a* erleichtern das „Lüften" des Lehrgerüstes, Fig. 296.

Für kleinere Flachbögen genügt ein bogenförmig ausgeschnittenes Brett als Lehre, welches entweder auf zu dem Zwecke ausgekragten Steinen ruht, oder seitwärts durch zwei Bretter gestützt wird. Ist der Mauerbogen schmal, so genügen zwei solcher Lehrbögen für sich zur Unterstützung der Steine; ist er breiter, so müssen dieselben in Abständen von 0,75—1,10 m aufgestellt und mit schmalen Schalbrettern oder Dachlatten benagelt werden. Solche Bögen dienen auch zur Einrüstung von Tonnen- und Kappengewölben, Fig. 297 a, b u. c.

Bei Bögen aller Art: Rund-, Segment-, Korbbögen usw. bis zu etwa 3 m Spannweite sind die Wölbscheiben brauchbar, welche aus auf Leisten genagelten und nach der Bogenlinie ausgeschnittenen Brettern hergestellt werden, Fig. 298 a. Für Werksteinbögen werden diese Wölbscheiben sowohl, als die nachher zu besprechenden Lehrbögen aus stärkeren Brettern oder mehrfachen Lagen von solchen hergerichtet; auch muss die Unterstützung eine kräftigere

Fig. 297 a, b, c.

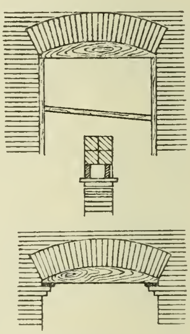


Fig. 295.

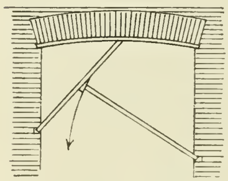


Fig. 296.

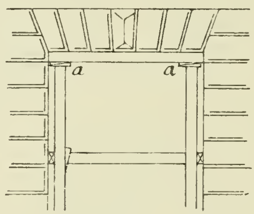


Fig. 298 a, b, c.

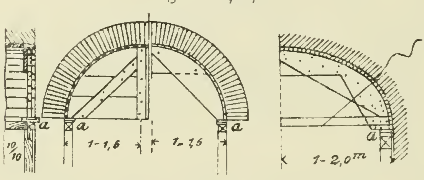
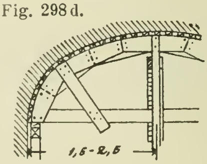


Fig. 298 d.



sein. Für gewöhnlich besteht diese aus Brettern oder Netzriegeln, welche in der Mitte durch ein anderes Holz gegen einander abgesteift werden. Zwischen den Stützen und Wölbscheiben liegen zwei kleine Keile *a*, um den Lehrbogen, behufs Setzens des Gewölbes, etwas lüften zu können.

Bis höchstens zu 6 m Spannweite werden die in Fig. 298 a, b u. c dargestellten Lehrbögen, aus doppelten Brettlagen zusammengenagelt und durch eine Zange zusammengehalten, verwendet. Um die Fugen zentral zu richten, schlägt man im Mittelpunkte des Bogens auf der Zange einen Nagel ein und befestigt daran eine Schnur, welche für jede Fuge die zentrale Richtung angiebt. Durch eine Mittelstütze und unter 45° gestellte Streben lassen sich solche Lehrbögen leicht verstärken, Fig. 298 d.

Zur Ausführung schwerer Bögen muss man Lehrgerüste benutzen. Da der Druck auf das Lehrgerüst nach dem Scheitel hin in dem Verhältniss zunimmt, wie in Fig. 299 angegeben, wo die zwischen den beiden Bogenlaibungen gezogenen Strahlen die Grösse des zentral gerichteten Druckes messen, werden die Unterstützungen des Lehrbogens nach denselben Richtungen hin anzubringen sein.

Der zentral gerichtete Druck wird durch Hinzufügung jeder weiteren Schicht für die nächst tiefer liegende verringert; daher liefert jede Schicht in dem Falle das Druck-Maximum, dass sie zu oberst liegt, oder die letzte ist. Der

Druck ist abhängig von der in der Fuge stattfindenden Reibung; je grösser diese, um so kleiner wird der Druck. Es folgt, dass für einen gewissen, am Kämpfer beginnenden Theil der Wölbung der zentral gerichtete Druck durch die Reibung aufgehoben wird, für diesen Theil also eine Unterstützung entbehrlich ist (das trifft natürlich nur für Bögen mit hohem Pfeil zu). In Fig. 299 ist dieser Gewölbetheil durch den Winkel φ bestimmt; für Stein auf Stein hat φ etwa den Werth $22^1/_2{}^0$. Da aber durch den frischen Mörtel die Reibung eine Verringerung erfährt, wird man sicher gehen, wenn man φ etwas kleiner als $22^1/_2{}^0$ annimmt.

Ist α der Winkel, den die Richtung einer beliebigen Fuge mit einer Senkrechten einschliesst, δ die Gewölbedicke und γ das Gewicht der Kubikeinheit des Wölbmaterials, so ist der zentral gerichtete grösste Druck an der Stelle dieser Fuge, wenn das Gewölbe bis zu dieser Stelle eingewölbt ist:

$$D = \gamma\, \delta \cos \alpha\, (1 - \operatorname{tang} \varphi \,.\, \operatorname{tang} \alpha)$$

welcher Gleichung die Darstellung Fig. 299 entspricht und welche den Kleinstwerth: $D = 0$ für $\alpha = 90 - \varphi$ und: $D = \gamma\, \delta$ den Grösstwerth für $\alpha = 0$ ergiebt. Die vorstehende Grösse D lässt sich sehr leicht graphisch ermitteln. Zieht man nämlich durch den unteren Endpunkt a der Fuge eine Lothrechte, durch den oberen eine zur Wagrechten unter $\sphericalangle \varphi$ geneigte Linie, so ist das Stück vom Schnittpunkt b bis a die gesuchte Grösse D, die man nun blos noch auf die Fuge umzuklappen braucht.

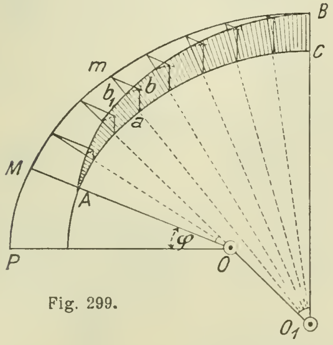


Fig. 299.

Bei Lehrgerüsten ist der Zusammenstoss von Hirn- und Langholz wegen der Zusammenpressbarkeit des Langholzes möglichst zu vermeiden; unmittelbare Unterstützungen sind Hänge- und Sprengewerks - Konstruktionen vorzuziehen. Ein Uebelstand bleibt die Beweglichkeit des Lehrgerüstes infolge der Ungleichmässigkeit der Belastung während der Ausführung der Wölbung; man sucht denselben dadurch zu vermeiden, dass man vor Beginn der Arbeit alles Wölbmaterial auf dem Gerüst lagert, auch wohl, wie das in neuerer Zeit öfter geschehen, mit dem Einwölben nicht nur am Auflager, sondern auch an anderen Punkten beginnt; hierdurch, sowie durch noch andere Ausführungsweisen — die indessen von Bedeutung nur im Brückenbau sind — wird eine Festlegung der Drucklinie im Gewölbe, d. h. die Vermeidung von Formänderungen des Bogens bezweckt.*)

Die Lehrbögen müssen auf durchgehender Unterlage stehen, um zu verhindern, dass einzelne sich stärker senken, und durch Kreuzstreben, Unterzüge usw. gut mit einander verbunden sein. Fig. 300—303 zeigen die Anordnung von Lehrgerüsten, wie sie im Hochbau üblich sind.

Damit das Setzen des Gewölbes allmählich stattfinde, auch das Ausrüsten nicht ruckweise, sondern unter Vermeidung von Stössen erfolge, bedient man sich eingelegter Keile aus Hartholz, oder auch der Sandsäcke, der Sandtöpfe, Schrauben usw. Durch Anwendung von Keilen aus Hartholz kann man, nach Fig. 303b, nicht nur die einzelnen Theile der Lehrbögen, sondern auch, wie aus den übrigen Abbildungen hervorgeht, das ganze Lehrgerüst auf einmal senken. Die Verwendung von Sandsäcken bietet den Vortheil, dass diese später eingelegt werden können, wenn man vorläufig die Rüstung durch ein Holz stützt, Fig. 304, welches nach Vollendung der Wölbung so abgeschnitten wird, dass es umkippt. Die Rüstung senkt sich alsdann auf die inzwischen eingebrachten Sandsäcke herab und später, nach und nach, entsprechend der allmählichen Entfernung des

*) Centralbl. der Bauverwaltg. 1884 S. 250 und 1885 S. 473 u. f.

Sandes aus den Säcken. Sandtöpfe werden aus Gusseisen oder Schmiedeisen angefertigt, Fig. 305a und b, mit einem eisernen oder hölzernen, mit Ringen eingefassten Stempel. Durch die kleinen, seitlichen Oeffnungen lässt man den Sand ausfliessen. Von grosser Wichtigkeit ist, dass der Sand in die Säcke sowohl, als Töpfe ganz trocken eingebracht wird, dauernd vor Nässe bewahrt bleibt und frei von Lehmtheilen ist, da sonst das Ausfliessen auf Schwierigkeiten stösst; auch muss, damit dasselbe stetig erfolge, der ausgetretene Sand immer sogleich von der Austrittsstelle entfernt werden. Schrauben, Fig. 306a u. b, lassen sich so anbringen, dass sie eine Senkung in lothrechter Richtung gestatten,

Fig. 300.

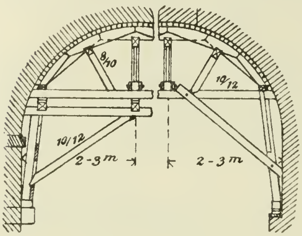


Fig. 301a u. b.

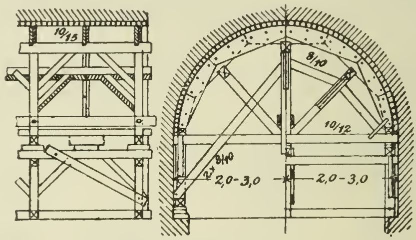


Fig. 302a u. b.

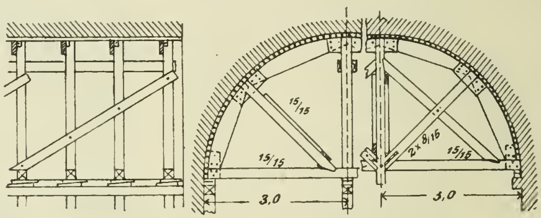
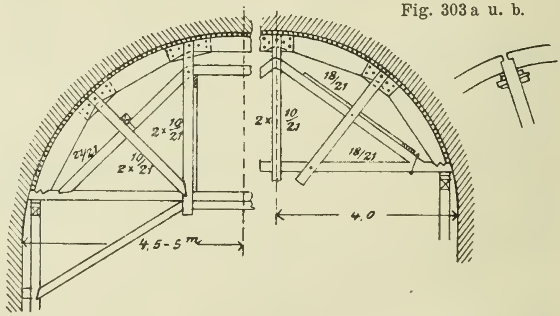


Fig. 303a u. b.



oder auch so, dass sie in radialer Richtung, wie die Keile in Fig. 303b wirken.

Die Zeitdauer, welche verfliessen muss, bevor man an das Ausrüsten einer Wölbung gehen kann, ist von vielen Nebenumständen, dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft, also der Witterung, von dem verwendeten Material, besonders dem Mörtel, von der Fugenzahl und -Stärke und überhaupt der ganzen Ausführungsweise abhängig.

Kleine Bögen kann man schon nach ein bis zwei Tagen, grössere, bis 2 m Spannweite, in vier bis sechs Tagen, noch grössere, bis 8 m Spannweite, in acht bis zehn Tagen ausrüsten; selbst bei grossen Bögen wird man nur eine Frist von 28—30 Tagen verstreichen lassen. Bei grosser Enge der Fugen und rasch bindendem Mörtel kann es günstig sein, schon einige Tage nach der Vollendung des Bogens die Rüstung zu entfernen; doch setzt dies rasche Wölbung und besondere Vorsicht beim Ausrüsten voraus.

Die zu erwartende Senkung gut ausgeführter Lehrgerüste ist, wenn s die Spannweite und p die Pfeilhöhe des Gewölbes bedeutet, auch unmittelbar gestützte Lehrbögen angewendet sind, anzunehmen zu: $t = {}^1/_{200}\,(s-p)$ und für gesprengte Lehrbögen: $t = {}^1/_{100}\,(s-p)$.

Das Setzen des Bogens selbst wird bei halbkreisförmigen Bögen aus Ziegelstein auf etwa 0,007, bei gedrückten auf 0,01 der Spannweite geschätzt; doch ist hierbei die Zusammensetzung des verwendeten Mörtels und Anderes von so wesentlichem Einfluss, dass sich genaue Angaben nicht machen lassen.

Unter allen Umständen ist das Ausrüsten mit der grössten Vorsicht zu betreiben, weil bei unachtsamem Verfahren leicht der Einsturz des Bogens erfolgen kann.[1]

XV. Gewölbe.

a. Allgemeines.

Jede bogenförmige oder scheitrechte Decke, welche über einem von Mauern, Gurtbögen oder auch eisernen Trägern umschlossenen Raume aus Stein und Mörtel so gebildet wird, dass sie sich vermöge eines zwischen den einzelnen Steinen stattfindenden und auf die Widerlager fortgesetzten Druckes dadurch in ihrer Lage erhält, dass letzterem ein gleich grosser, umgekehrt gerichteter Druck entgegen wirkt, nennt man ein Gewölbe. Die Bezeichnungen der einzelnen Theile desselben sind übereinstimmend mit denjenigen der Bögen. Wenn die Begrenzungsmauern eines mit einem Gewölbe überdeckten Raumes nur zum Raumabschluss, — nicht als Widerlager — dienen, heissen sie Schild- oder Stirnmauern und dem entsprechend dort etwa vorhandene Mauerbögen Schild- oder Stirnbögen.

Gewölbe aus natürlichem Gestein kommen im Hochbau ihrer Schwere wegen selten vor; nur zu Gurtbögen u. Rippen bei Kreuz- und Sterngewölben werden dieselben öfter verwendet, leichte Tuffsteine auch öfter bei Gewölben selbst; es sind z. B. die Gewölbe des Kölner Domes aus solchen ausgeführt. Auch aus den Ziegelsteinen wählt man möglichst leichtes Material zu Gewölben aus, besonders gern Lochsteine oder poröse Steine. Auch rheinische Schwemmsteine werden benutzt, ja für unbelastete Gewölbe selbst Korksteine.

Fig. 304.

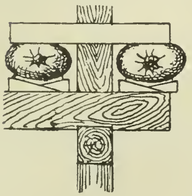


Fig. 305 a u. b.

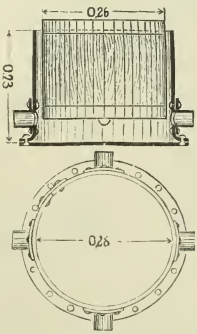
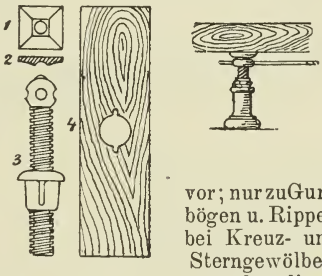


Fig. 306 a u. b.



Man unterscheidet folgende Gewölbearten:

1. Tonnengewölbe;
2. Kappengewölbe oder preussische Kappen;
3. Klostergewölbe;
4. Mulden-, Spiegel- und scheitrechte Gewölbe;
5. Kuppelgewölbe (Kugel- oder ellipsoidische Gewölbe, Stutzkuppeln);
6. Böhmische Gewölbe (böhmische Kappen);
7. Kreuzgewölbe;
8. Gothische oder Sterngewölbe;
9. Fächergewölbe (normännische oder angelsächsische Gewölbe).

Topfstein- und Gussgewölbe unterscheiden sich nur in der Ausführungsweise von den gemauerten Gewölben, während sie der Form nach mit jenen übereinstimmen.

Je inniger sich der Mörtel mit den einzelnen Steinen verbindet, desto weniger Schub übt nach seiner völligen Erhärtung das Gewölbe auf seine Widerlager aus;

der Grund dafür liegt darin, dass die nach dem Ausrüsten eintretenden Formänderungen bei einem mit gut erhärtetem Mörtel hergestellten Gewölbe am geringsten sind. Es ist daher der Mörtelbereitung bei Wölbungen die grösste Aufmerksamkeit zu schenken. Je weniger Fugen in einem Gewölbe vorhanden und je enger dieselben sind, um so näher liegen die Grenzen zusammen, innerhalb deren der Schub des Gewölbes beim Ausrüsten Aenderungen erleidet.

α. Das Tonnengewölbe.

1. Allgemeines.

Das Tonnengewölbe, welches bereits im frühesten Alterthum in den Euphrat-Ländern und Aegypten bekannt war und von den Römern in staunenswerthen Abmessuugen ausgeführt worden ist, findet heute in Deutschland beim Hochbau verhältnissmässig selten Anwendung; hauptsächlich ist es noch bei Kellergewölben in bruchsteinreichen Gegenden und in Verbindung mit Kreuzgewölben oder Kuppeln bei Durchfahrten, Eingangshallen, Kirchen usw. in Gebrauch, Fig. 307. Die Tonnengewölbe bestehen meist aus einem halben Kreiszylinder mit wagrecht liegender Axe; es kann aber als Gewölbeform auch eine Ellipse oder ein Korbbogen verwendet werden. Im alten Babylon kannte man auch spitzbogige Tonnengewölbe, deren man sich im Mittelalter häufiger, oft mit netzartigem Rippenwerk bedeckt, bedient hat. Bei Treppen finden sich die geraden, steigenden Tonnengewölbe, bei Wendel- und Spindeltreppen schraubenförmig steigende, schliesslich ringförmige Tonnengewölbe. Schiefe Tonnengewölbe werden bei Brücken und Durchlässen ziemlich oft angetroffen; bei ihnen liegt die Axe nicht normal zur Gewölbestirn.

Fig. 307.

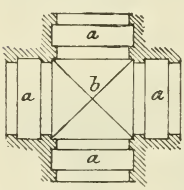


Fig. 308 a, b, c.

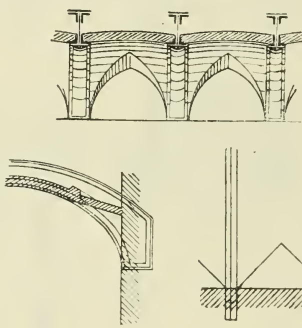
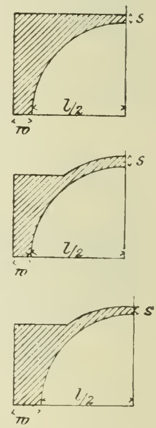


Fig. 309 a, b, c.



Bei weit gespannten Tonnengewölben, besonders wenn sie durch Gurte getrennt sind, lässt man die Axe von beiden Seiten gegen die Mitte des Raumes etwas ansteigen, d. h. man giebt dem Gewölbe „Stich“. Dann entsteht eigentlich ein Gewölbe mit zwei geneigt gegen einander stehenden Zylindertheilen, wobei die Schild-Mauern oder -Bögen mit zum Tragen benutzt und die Widerlagsmauern etwas entlastet werden. Fig. 308a, b und c zeigen ein derartiges Tonnengewölbe mit Stichkappen zwischen eisernen, genieteten Trägern, welche zugleich die Verankerung der beiden Widerlagsmauern herstellen. Der Stich beträgt auf 1^m Gewölbelänge etwa 5^{cm}. Da die unten sichtbaren Trägerflanschen mit Gurtungen von Gips verdeckt sind, ist der geringe Stich eines solchen Gewölbes nicht sichtbar und wirken die einzelnen Kappen in der Ansicht wie ein einziges grosses Tonnengewölbe mit wagrechter Axe.

2. Stärke des Tonnengewölbes und seiner Widerlager.

Empirische Formeln für die Stärke eines Gewölbes am Schlusstein *s* und des Widerlagers *w* sind, nach Rondelet, für das halbkreisförmige Tonnengewölbe in Ziegelmauerwerk ausgeführt:

1. im Scheitel wagrecht abgeglichen, Fig. 309a: $s = \frac{1}{48} l$; $w = \frac{l}{11}$,

2. für das bis zur halben Höhe hintermauerte, Fig. 309b: $s = \frac{1}{36} l$; $w = \frac{l}{9}$,

3. für ein ebensolches, aber zum Scheitel hin verjüngtes, Fig. 309c: $s = \frac{1}{48} l$ am Schlusstein und $s = \frac{1}{32} l$ am Widerlager; $w = \frac{l}{10}$.

Diese empirischen Regeln setzen voraus, dass die Höhe des Widerlagers nicht grösser als der Durchmesser des Gewölbes ist.

Für Gewölbe in Quadern ausgeführt, giebt Rondelet folgende anderen empirischen Regeln:

Für kreisförmige oder elliptische Gewölbe ist unter der Voraussetzung, dass am Widerlager das Gewölbe doppelt so stark wie am Schlusstein sei:

bei starken Brückengewölben: $s = 0{,}04\, l + 0{,}32^{\text{m}}$,
bei mittelstarken desgl.: $s = 0{,}02\, l + 0{,}16^{\text{m}}$,
bei unbelasteten Gewölben: $s = 0{,}01\, l + 0{,}08^{\text{m}}$ zu nehmen.

Nach Perronet ist unter derselben Vorraussetzung zu setzen:

$s = 0{,}035\, l + 0{,}32^{\text{m}}$, wenn $l < 24^{\text{m}}$, für grössere Spannweiten $s = \frac{1}{24} l$.

Im allgemeinen nimmt man die Stärke des Widerlagers, wenn dasselbe nicht zu grösserer Höhe als der des äusseren Gewölbescheitels hoch geführt ist:

bei Halbkreisbögen: $^1/_5$ der Spannweite,
bei gedrückten Bögen bis $^1/_4$ der Spannw. als Stichhöhe: $^1/_4$ der Spannw.,
desgl. mit weniger Stichhöhe: $^2/_7$ der Spannweite.

Bei grösseren Gewölben ist die nothwendige Stärke am einfachsten graphisch zu ermitteln.

3. Ausführung des Tonnengewölbes.

a. Ausführung in Backstein.

Gewölben ohne weitere Belastung, als höchstens mit der durch den Fussboden gewöhnlicher Wohnhäuser, giebt man bis zu 4^{m} Spannweite $^1/_2$ Stein Stärke; bei grösseren legt man Verstärkungs-Gurte (Ringe) in Entfernungen von etwa 1,5 bis $2{,}5^{\text{m}}$ ein, welche 1 Stein breit und hoch gemacht werden, so dass sie $^1/_2$ Stein über die äussere Laibung vortreten, Fig. 310a. Fussbodenlager legt man der gleichmässigeren Druckvertheilung wegen parallel zur Axe des Gewölbes. Gewölbe mit über 6^{m} Spannweite erhalten 1 Stein Stärke und ebenfalls Gurte von $1^1/_2$ Stein Breite und Höhe, Fig. 310b. Stark belastete Gewölbe müssen rechnerisch oder graphisch bestimmt werden. Ein Beispiel von Verstärkungen zeigt Fig. 311.

Fig. 310a u. b.

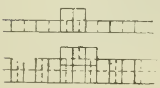


Fig. 311.

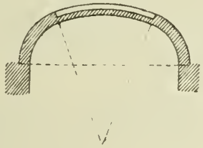
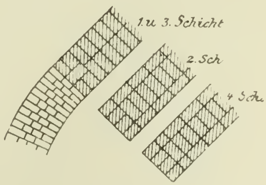


Fig. 312a, b, c.



Liegt bei starken Gewölben die Stirn frei, wie z. B. bei Brücken, so muss dieselbe wie bei gewöhnlichen Mauern mit ordnungsmässigem Verbande abschliessen, Fig. 312.

Denkt man sich die Verstärkungsrippen gegen die innere Laibung hervortretend und dazwischen Längsrippen parallel zur Axe angeordnet, so entsteht

das kassettirte Tonnengewölbe, welches ebenfalls schon bei den Römern, allerdings nur als Gussgewölbe, vorkommt. Die Kassetten werden durch Vorstrecken einzelner Steine gebildet, Fig. 313 a und b, geputzt und durch Gipsglieder und Rosetten verziert. Für ihre Ausführung ist eine sorgfältige Einschalung des Lehrgerüstes erforderlich, auf welcher die Kassetten-Eintheilung genau aufzutragen und durch Holzkästen zu formen ist. Bei solchem kassettirten Tonnengewölbe tragen nur die bogenförmigen Rippen, während die axialen ausschliesslich belastend wirken. Sollen alle tragend wirken, so müssen dieselben netzförmig unter beliebigem Winkel zur Gewölbeaxe angeordnet werden, indem zunächst die Bogenlinie der Rippen als Kreislinie konstruirt wird. Die Bogenlinie des Gewölbes ergiebt sich alsdann als Ellipse; solche Gewölbe werden auch „Netzgewölbe" genannt, Fig. 314.

Bei schwachen Widerlagsmauern müssen die Tonnengewölbe, ebenso wie die Gurtbögen, verankert werden, wobei sich die Anbringung von Stichkappen empfiehlt, durch deren Verstärkungsgurte der Gewölbeschub auf einzelne Punkte übertragen wird, an welchen man die Anker anbringt. Es ist dabei ziemlich gleich, ob die Grundriss-Anordnung nach Fig. 315a oder 315b getroffen wird. Vielfache Verwendung fanden die Tonnengewölbe mit Stichkappen in den Palästen

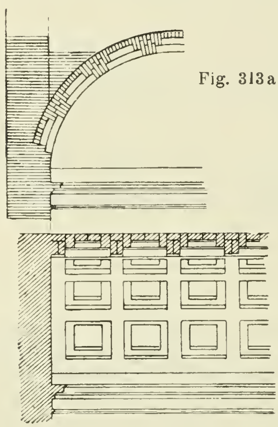


Fig. 313a u. b.

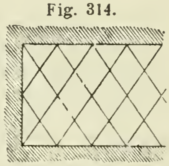


Fig. 314.

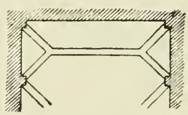


Fig. 315a.

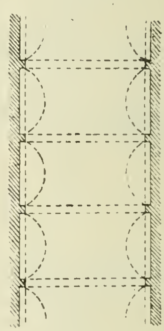


Fig. 315b.

der italienischen Renaissance. Gewöhnlich wurden die Durchfahrten und Hofhallen derartig eingewölbt mit sichtbarer, in Kämpferhöhe durchgelegter Verankerung. Schwierig sind bei denselben die Grate der Stichkappen sowohl im Rohbau, als später im Putz in stetig und richtig verlaufender Kurve herzustellen. Es können die Stichkappen wagrechte oder ansteigende Scheitellinien haben, Fig. 316a und b, wobei die Grate fast immer durch Rippen verstärkt werden. Es ergeben sich sonach Stichkappen nach Kegel- oder Zylinderflächen, mit wagrechter, fallender oder steigender Axe, ferner sehr häufig spitzbogig geformte oder Segmentbögen, seltener elliptische Bögen. Auch können die Kappen mit Busen eingewölbt sein (s. Kreuzgewölbe).

Zur Ermittelung der Durchdringungskurve zwischen Gewölbe und Stichkappe hat man vor allem den Zylinderbogen, z. B. nach Fig. 317a, b und c, — nur ein Segment bei einem Kellerfenster — in den Durchschnitt einzutragen und wagrechte Ebenen durchzulegen, was in der Figur der Deutlichkeit wegen nur mit einer, durch Punkt 2 gehenden, geschehen ist. In dem Durchschnitt ergeben sich drei Schnittpunkte, deren Entfernung von einander a—1, a—2 und a—3, sowie 1′—2′ und 1′—3′ in den Grundriss zu übertragen sind. Die Seitenwände der Stichkappe sind in diesem Falle senkrecht auf dem Tonnengewölbe errichtet.

Genau ebenso ist die Konstruktion bei einem Zylinderbogen mit steigender oder fallender Axe. Bei einer Kegelstichkappe ist zunächst wieder der Kegel im

Durchschnitt anzugeben, Fig. 318 b, worauf man Ebenen *x*, *y*, *z* in geneigter Lage durch seine Spitze legt, welche die Tonnenlaibung in den Punkten 1, 2 und 3 schneiden. Durch diese Punkte ziehe man Senkrechte normal zur Kegelaxe. Die Durchdringungskurve in Fig. 318 a findet man in den Schnittpunkten der Wagrechten durch die Punkte 0, 1, 2, 3 mit den Kreisbögen, die mit den Senkrechten durch 1, 2 und 3 als Halbmessern der runden Kegelschnitte aus *f* geschlagen sind. Im Grundrisse 318 c ziehe man die Wagrechten in Entfernungen *a* 3, *a* 2, *a* 1 und *a* 0, und trage von der Axe aus nach rechts und links die Entfernungen *f a*, 3, *f* 2, *f* 1 ab. Form und Lage der Stichkappen werden meist durch Architektur-Rücksichten bestimmt.

Fig. 316 a u. b.

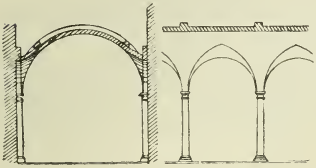


Fig. 317 a, b, c.

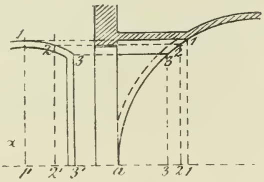
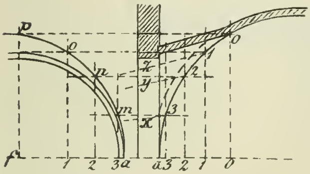


Fig. 318 a, b, c.



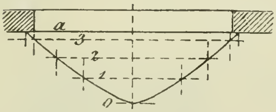
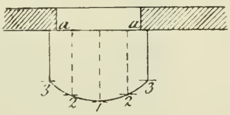


Fig. 319.



Bei der Ausführung der Tonnengewölbe sind nur die Widerlagsbögen der Stichkappen mit jenen zugleich herzustellen, Fig. 319; die Stichkappen-Einwölbung selbst erfolgt später, wenn das Gewölbe sich gesetzt hat und zwar entweder mit zur Gewölbeaxe senkrechten und unter sich parallelen Fugen („auf Kuff“), Fig. 319, oder „auf Schwalbenschwanz“, wie in Fig. 320 a bei *y*.

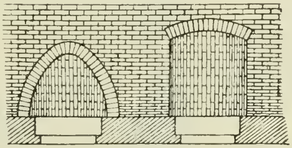
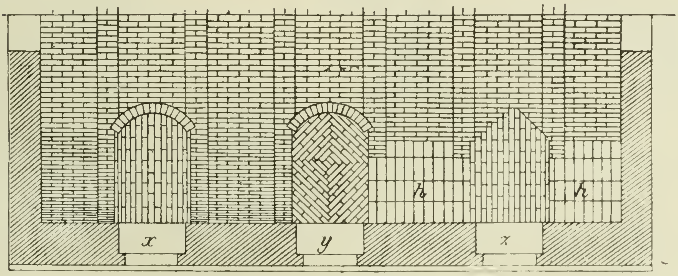


Fig. 320 a.



Diese Figur zeigt die Stichkappen-Einwölbung bei einem Tonnengewölbe mit Verstärkungsgurten im Grundriss und Durchschnitt. Manchmal erhalten die Stichkappen-Wölbungen gar keine Widerlagsbögen, sondern ihre Schichten greifen mit Verband in die des Tonnengewölbes ein, Fig. 320 a bei *z*. Der Anschluss auf Gehrung, welcher ebenfalls hierbei dargestellt ist, ist zu verwerfen. Die mit *h* bezeichneten Stellen zeigen die Hintermauerung; der Durchschnitt, Fig. 320 b, giebt die Konstruktion einer steigenden und einer wagrechten Kappe.

In Fig. 321 a und b sehen wir die Anordnung einer stark fallenden Stichkappe in einer Kellermauer, zugleich mit der Ausführung eines Verstärkungsgurtes bei *a*

mit allen Einzelheiten. Gewöhnlich werden die Tonnengewölbe in Kellern usw. so gelegt, dass ihre Axe parallel der Stirn des Gebäudes läuft und deshalb die Aussen- und Innen-Langmauern das Widerlager zu bilden haben, weil diese sich wegen grösserer Stärke besser dazu eignen, als die gewöhnlich schwachen Quermauern. Man nimmt die Scheitel der Gewölbe in gleicher Höhe an und giebt diesen eine solche Pfeilhöhe, dass die Widerlager ebenfalls einigermaassen in gleicher Höhe liegen, wenigstens so weit, dass ihr Höhenunterschied etwa 0,60 m nicht übersteigt.

Die Ausführung der Tonnengewölbe, wie überhaupt aller Gewölbe in Hochbauten, erfolgt erst dann, wenn das Gebäude im Rohbau fertig gestellt und völlig unter Dach ist. Gurtbögen werden jedoch mit den Mauern zu gleicher Zeit hergestellt. Beim Abwarten jenes späteren Zeitpunktes haben sich die Mauern bereits einigermaassen gesetzt, so dass die Gefahr des Reissens der Gewölbe weniger gross ist; es sind die Gewölbe auch gegen Regen geschützt, welcher die Fugen ausspülen, sich in den tiefen Gewölbezwickeln sammeln und die Mauern durchnässen würde. Müssen Räume vor Eindeckung des Hauses eingewölbt werden, so hat man die äussere Laibung der fertigen Gewölbe mit Zementmörtel zu putzen und mit Dachpappe sorgfältig abzudecken, sowie in den tiefsten Punkten der Gewölbezwickel kleine Oeffnungen zu lassen, durch welche das hier sich etwa ansammelnde Regenwasser unschädlich abfliessen kann. Bei Kirchengewölben ist diese Einrichtung durch Einlegen kleiner Thonröhren niemals zu unterlassen.

Fig. 320 b.

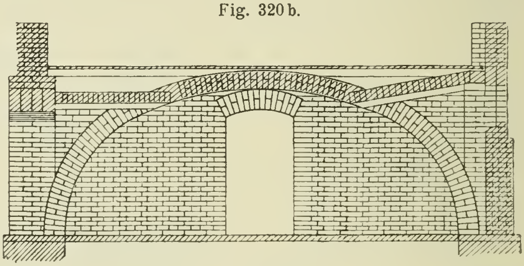
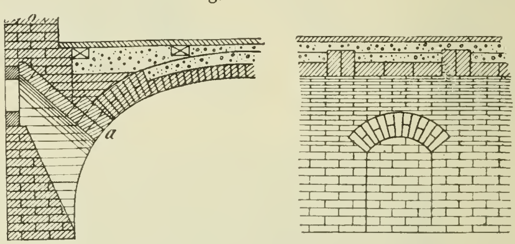


Fig. 321 a u. b.



Die Einwölbung erfolgt meist auf vollständiger Schalung, wobei die Lehrbögen in Abständen von 1—2 m normal zur Axe des Gewölbes aufgestellt werden. Bei kleineren Spannweiten kann man die Einschalung entbehren, indem nur ein in Brettdicke hergestellter Lehrbogen verwendet wird. Man beginnt alsdann die Arbeit von einem Ende aus und rückt die Lehre um je eine Steindicke auf an den Widerlagern ausgekragten Schichten, oder einer sonstigen Unterstützung vor (s. weiterhin). Stichkappen werden ebenfalls eingeschalt, indessen von geschickten Maurern auch wohl freihändig eingewölbt. Beim Aufstellen der Lehrbögen wird mit den äussersten, an den Stirnseiten des Gewölbes, begonnen; nachdem dieselben loth- und wagrecht gehörig eingerichtet, werden die übrigen nach zwischen jenen gespannten Schnüren gestellt und befestigt.

Zu erwähnen ist hier noch eine in der Rheingegend übliche Einschalungsart für Tonnengewölbe bis zu 11 m Spannweite. Die Lehrbögen bestehen aus $^{12}/_{16}$ bis $^{18}/_{20}$ cm starken, rohen, kaum bewaldrechteten Schwellen, über welchen, Fig. 322 a und b, ein Gerüst hergestellt ist, in dessen Hölzer in Abständen von etwa 0,3—0,45 m Löcher, ungefähr 2,5—5 cm weit und 8—10 cm tief, gebohrt sind, die zur Aufnahme von radial gestellten Stäben von 4—8 cm Dicke dienen. Ueber diese, nach der Form des Bogens abgeschnitten, werden $^{2}/_{4}$ cm starke, vorher 24 Stunden in Wasser geweichte Latten gebogen und genagelt. Diese Lehrbögen werden 0,60 m von einander entfernt gestellt und mit 2 cm starken Brettern eingeschalt.

Werden bei ansteigenden Tonnengewölben die Lehrbögen ebenfalls senkrecht gestellt, so müssen sie bei halbkreisförmigen Gewölben elliptisch geformt sein.

Soweit als möglich werden die Gewölbeanfänger vorgekragt, um den Seitenschub des Gewölbes zu verringern. Hintermauerung wird bis auf etwa $^2/_3$ der ganzen Höhe des Gewölbes ausgeführt und, nach Fig. 323, am besten mit der Wölbung zugleich, oder doch so weit, dass sie sich später leicht vervollständigen lässt. Das Verfüllen der Zwickel mit Ziegelbrocken und deren Uebergiessen mit Mörtel kann nur bei kleineren Gewölben die Hintermauerung einigermaassen ersetzen.

Beim Aufmauern der Umfassungswände ist von vornherein durch Aussparen einer Verzahnung für die Verbindung der Hintermauerung mit ihnen Sorge zu tragen. Beim nachträglichen Anbringen von Tonnengewölben oder auch von Gurtbögen zwischen vorhandenen, alten Mauern wendet man ein verzahntes Widerlager nach Fig. 324 an. — Nach dem Ausrüsten des Gewölbes wird über die äussere Laibung dünnflüssiger Zementmörtel ausgebreitet, um sämmtliche Fugen, besonders auch die beim Setzen der Wölbung entstandenen Bruchfugen zu füllen.

Das Lüften der Rüstung muss mit grosser Vorsicht und ohne Erschütterungen durch Schläge erfolgen. Die hierbei eintretende Senkung des Gewölbes wird anzeigen, ob man das Lehrgerüst überhaupt schon entfernen kann oder damit noch zu warten hat.

b. Ausführung in Bruchstein.

Hierbei gilt dasselbe, was über die Ausführung von Gurtbögen bereits früher gesagt worden ist. Es ist nothwendig, die rohen Bruchsteine lagerhaft

Fig. 322 a u. b.

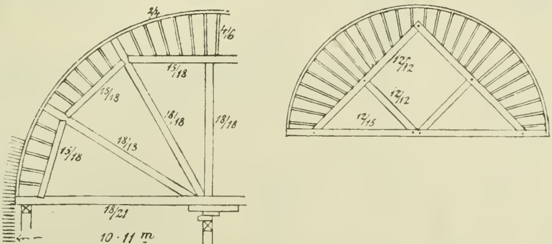
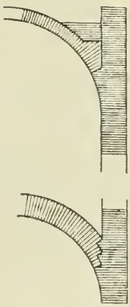


Fig. 323, 324.



zu bearbeiten, damit die Steine der einzelnen Schichten gleiche Stärke erhalten, die Schichten möglichst parallel der Axe des Gewölbes laufen und normal zur Schalung gerichtet sind. Für Kellergewölbe wird die Scheitelstärke gewöhnlich zu 30 bis 40 cm angenommen. Die Verwendung von Zement-Kalk- oder reinem Zementmörtel ist hierbei unerlässlich.

In der Kunst des Wölbens mit Bruchsteinen besitzen die Franzosen eine gewisse Ueberlegenheit; sie stellen z. B. grosse Brückengewölbe aus kleinen, unbearbeiteten Steinen, „moëllons“ oder „meulières“, zwischen Stirnmauern aus Werksteinen in Zementmörtel so her, dass sie das Gewölbe in einzelnen Schalen ausführen. Diese Ausführungsweise bietet den Vortheil, dass die Einrüstung erheblich erleichtert und weniger kostspielig ist, weil nach Schluss und Erhärtung der ersten Schale diese an dem Tragen der übrigen Theil nimmt. Auch wölbten die Franzosen zuerst diese Schale von mehreren Stellen aus zugleich ein, wobei sie an Zeit sparten und das Lehrgerüst geichmässig belasteten, also schädliche Ausbiegungen desselben vermieden.*)

*) Centralbl. d. Bauverwltg. 1885 S. 473. — Annales des ponts et chaussées 1886 II, S. 409, wo die Ausführung der drei grossen Brücken von Lavaur, Antoinette und Castelet eingehend beschrieben und durch Zeichnungen erläutert wird.

c. Ausführung in Werkstein.

Tonnengewölbe in Werkstein kommen im Hochbau nur sehr selten, am häufigsten im Brückenbau vor. Hier ist der Steinschnitt*) und die Genauigkeit der Bearbeitung der Lagerflächen des Steines von besonderer Wichtigkeit. Zweckmässig ist es, von allen verwickelten Bogenformen abzusehen und nur Kreisbögen anzuwenden, weil sonst der Steinschnitt Schwierigkeiten macht und die Ausführung der Gewölbe wesentlich erschwert wird. Das Versetzen erfolgt auf fest konstruirten Lehrgerüsten mittels Laufkrahn. Die Fugen werden entweder mit Mörtel vergossen oder besser mit halbfeuchtem Zementmörtel ausgestampft. In letzterem Falle ist eine Fugendicke von mindestens 2 cm erforderlich. In beiden Fällen erfolgt die Ausfüllung der Fugen häufig erst nach fertigem Versetzen des ganzen Gewölbes, was namentlich zur Vermeidung von Rissen vortheilhaft ist bei Lehrgerüsten, die sich verschiedenartig durchbiegen.

4. Steigende und schiefe Tonnengewölbe.

Steigende Tonnengewölbe finden wir nur bei Treppenanlagen; ein hervorragendes Beispiel enthält die Eingangshalle zum Vatikan in Rom. Die Herstellung bereitet keine Schwierigkeiten, Fig. 325. Die Lehrbögen werden senkrecht zur Axe gestellt und abgestützt. Derartige Treppengewölbe sind anstatt mit

Fig. 325.

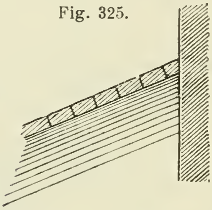
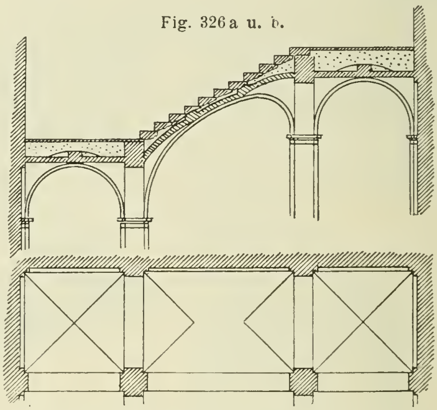


Fig. 326a u. b.



steigenden Kämpferlinien, auch so ausführbar, dass, nach Fig. 326a und b, die Kämpfer in ungleicher Höhe liegen, so dass ein einhüftiges Tonnengewölbe entsteht. Um die dabei unbequemen und hässlichen, geradlinigen Widerlager zu vermeiden, werden an deren Stelle zwei Stichkappen angeordnet, die eine steigend, die andere fallend. Man gehe hierbei von der Konstruktion der Gewölbe über den Podesten aus und lege diese (nicht wie Fig. 326a und b) inbezug auf Fussbodenoberkante gleich hoch. Die Verbindungslinie der Kämpfer wird dadurch allerdings nicht parallel zur Neigung des Treppenlaufes; doch ist das gleichgiltig. Das steigende Gewölbe unter dem Treppenlaufe ist darauf ganz unabhängig von den Podestgewölben so auszuführen, dass es sich der Unterkante der Stufen möglichst anschliesst und deshalb unnöthige Belastung durch Uebermauerung vermieden wird. Die Stirnbogenlinien des steigenden Gewölbes werden nicht durchweg konzentrisch mit den Gurtbogenlinien verlaufen. Man muss dann durch stärkeren Putzauftrag usw. zu vermitteln suchen, was aber nie vollständig gelingen kann. Hübscher wird das Tonnengewölbe, wenn es die Höhe gestattet, ihm noch quer über, wie in Fig. 308, einen Stich zu geben. Im Längsschnitt treten dann die Grate der Stichbögen sichtbar hervor, während sie in Fig. 326a mit den Stirnbögen der steigenden Tonne zusammen fallen. Allerdings erhalten dann auch die Wangenbögen einen kleinen Seitenschub.

Häufig wurden, besonders bei Werksteinausführung im Mittelalter, statt solcher Gewölbe zahlreiche Gurtbögen über einander mit treppenartig steigenden Kämpfern angeordnet, Fig. 327a, b und c.

*) Ringleb, Lehrbuch des Steinschnittes, Stuttgart, 1883.

Die Konstruktion schiefer Tonnengewölbe, welche im Hochbau fast gar nicht vorkommt, ist im Brückenbau häufiger, wenn der von der Brücke getragene Verkehrsweg (Eisenbahn, Strasse, Kanal), das zu überschreitende Verkehrshinderniss (Strom, Weg, Eisenbahn) schiefwinklig schneidet. Ausführbar sind solche Gewölbe bis zu einem Winkel von 30° zwischen Gewölbeaxe und Axe des oberen Verkehrsweges. Lässt man nun die Laibungsfugen einfach parallel mit dem Widerlager in gerader Richtung bis an beide Stirnen heran reichen, so fehlt dem Dreieck $x\,y\,z$ in Fig. 328 an der einen Seite das Widerlager. Man muss daher durch besondere Anordnungen, namentlich durch die Art des Steinschnitts eine Druckübertragung parallel zur Stirn erzielen. Einfach und gut, doch unschön lässt sich diese Aufgabe dadurch lösen, dass man das schiefe Gewölbe in einzelne, parallel zur Stirn liegende, normale, unter einander verankerte Bögen zerlegt, deren Häupter stumpf gegen einander stossen, und deren Anfänger nach Maassgabe der Schräge verschoben sind. Die innere Laibung dieses schiefen Gewölbes ist keine zusammenhängende zylindrische Fläche, sondern eine etwa sägeförmig gezahnte von besonderer Hässlichkeit, Fig. 329a und b.

Fig. 327a, b, c.

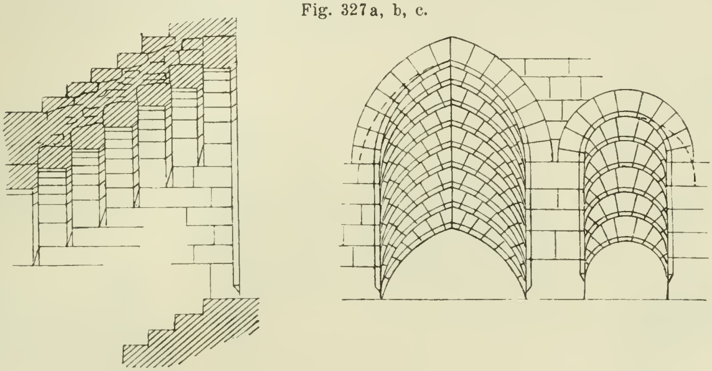


Fig. 328.

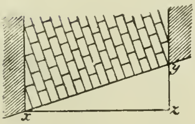


Fig. 329a.

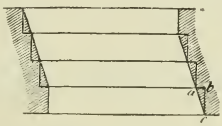
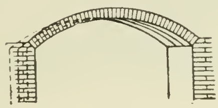


Fig. 329b.



Auch bilden sich an den Widerlagern die wagrechten Absätze $a\,b\,c$. Um diese Uebelstände zu vermeiden, hat man die Lagerfugen so zu legen, dass sie an der Stirn einen rechten Winkel mit dieser und der inneren Laibung bilden und weiterhin auch diese senkrechte Lage gegen jeden, mit der Stirn parallelen Querschnitt behalten. Dieser theoretisch richtigste Fugenschnitt, auch der französische genannt, wird sehr komplizirt, da die Lagerfugen bei demselben auch in der Abwicklung Kurven sind. Diese Kurven haben an verschiedenen Stellen verschiedenen Abstand von einander, so dass also Schichten von verschiedener Dicke entstehen (daher ist dieser Fugenschnitt für Ziegel nicht anwendbar), ausserdem schneiden sie die Zylindererzeugenden unter stetig wechselndem Winkel. Sämmtliche Steine eines solchen Gewölbes sind unter sich verschieden. Man wählt daher ein Näherungsverfahren, bei welchem der Schnittwinkel der Lagerfugen mit den Zylindererzeugenden ein konstanter wird. Dann zeigen sich in der Abwicklung des Gewölbes die Lagerfugen als parallele, gerade Linien, Fig. 330, während sie in Wirklichkeit einfache Schraubenlinien sind. Dieser Fugenschnitt wird der englische genannt und eignet sich auch für Ziegel. Da jedoch die Lagerfugen jetzt nicht mehr völlig lothrecht auf den Stirnen

stehen und ausserdem die Kämpferlinien unter spitzem Winkel schneiden, so ist an den Stirnen und am Kämpfer eine Werkstein-Verblendung erforderlich, vergl. Fig. 331. Es ist dieser Fugenschnitt jedoch nicht für beliebige Bogenform anwendbar, weil die Abweichung des konstanten Fugenwinkels von dem theoretisch richtigen ein Maass von 5^0 nach oben und unten nicht überschreiten darf, wenn nicht die Gefahr einer Verschiebung der Wölbsteine eintreten soll. Es muss deshalb eine bestimmte Beziehung zwischen der Schräge des Gewölbes, der Fugenrichtung in der Abwicklung und dem Pfeilverhältniss eingehalten werden. Will man aber ein Gewölbe mit stärkerem Pfeil trotzdem in dieser Weise ausführen, so muss man es in verschiedene Theile zerlegen und für jeden die entsprechende Fugenrichtung wählen, Fig. 332.*)

Bei schiefen Gewölben von grösserer Länge aus Ziegeln ist es zweckmässig, das Mittelstück parallel zu den Widerlagsmauern und nur die Enden schief und senkrecht zu den Stirnmauern zu wölben. (D. Bauzeitung, Jahrg. 1870, S. 107.) Die Lagerfugen werden dann in der Abwicklung angenähert als konzentrische Kreisbögen angenommen, deren gemeinschaftlicher Mittelpunkt da liegt, wo sich die Verlängerung der Stirnmauer mit der Grenzlinie zwischen dem geraden und schiefen Gewölbetheil schneidet, Fig. 333. Eine Verkleidung der

Fig. 330.

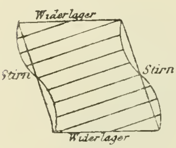


Fig. 331.

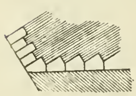


Fig. 332.

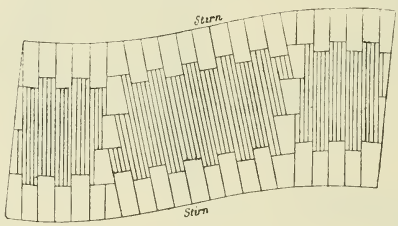
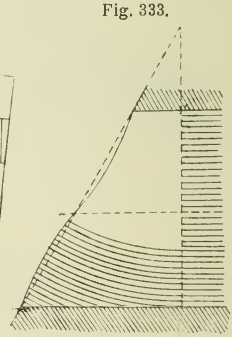


Fig. 333.



Stirnen mit Werkstein, besonders die Verwendung von solchem an den schiefen Widerlagern, um den Verhau der Ziegelsteine zu vermeiden, wäre auch hier sehr angebracht.

In Grundrissen werden Tonnengewölbe durch Umklappen der Stirnbögen und punktirte Zeichnung derselben angegeben, Fig. 334.

β. Das Kappengewölbe (preussische Kappe).

1. Allgemeines.

Das Tonnengewölbe wird in Süddeutschland, wo Bruchsteine fast überall vorhanden sind, zu Kellergewölben fast regelmässig verwendet; dasselbe ist jedoch wegen der tief herab reichenden Widerlager für die Ausnutzung der Räume wenig empfehlenswerth. In Norddeutschland, wo die Kellerräume vielfach zu Wohnungen, Werkstätten und Geschäftsräumen dienen, wo auch der Ziegelbau vorherrscht, wählt man anstatt des Tonnengewölbes preussische Kappen, welche aus flachen Segmentbögen bestehen. Während die Tonnengewölbe ihre Widerlager zumeist an den Stirn- und Mittelmauern erhalten, werden, des kleineren Schubes wegen, bei preussischen Kappen die Räume durch Gurtbögen, eiserne Träger oder alte Eisenbahnschienen in kleinere Abtheilungen von geringerer Breite zerlegt, wobei die Gurtbögen, Quermauern, Träger usw. zu Wider-

*) Ueber die Einzelheiten der Konstruktion s. u. a. Gerke, Steinschnitt 1885; Heinzerling, Brücken der Gegenwart, Abth. II, Steinerne Br. 1875; Heider, Theorie der schiefen Gewölbe 1872; F. Hoffmann, Theoretische und praktische Anleitung zum Entwerfen und zum Ausführen schiefer Ziegel- und Quadergewölbe. Allg. Bztg. 1871.

lagern, die Stirn- und Mittelmauern zu Schildmauern werden. Ausser bei Kellern werden Kappengewölbe fast nur zur Einwölbung von Korridoren in einfachen Gebäuden, von Registraturen, Kassenräumen usw. verwendet; es ist jedoch zu beachten, dass ein $^1/_2$ Stein starkes derartiges Gewölbe nicht als durchaus feuersicher gelten kann, weil schon durch das Herabstürzen eines Steines aus grösserer Höhe dasselbe glatt durchschlagen wird.

Die Entfernung der Gurtbögen wird am passendsten zu 2,5—3,5 ^{m} von Mitte zu Mitte gewählt, wobei dieselben $1^1/_2$—2 Stein Höhe und Breite erhalten und nach beliebiger Form (Halbkreis, Ellipse, Korb- oder Segmentbogen) hergestellt werden. Die Entfernung der eisernen Träger von einander richtet sich in jedem Falle nach der zulässigen Höhe derselben, und deshalb wird dabei die Spannweite der Kappen gewöhnlich eine wesentlich geringere, 0,75—1,25 ^{m}, als bei Verwendung von Gurtbögen sein. Wenn die Mauerstärke als Widerlagsstärke nicht genügt, so sind entsprechende Vorlagen von $1^1/_2$, 2 Stein usw. Länge oder Verankerungen anzubringen, welche bei grösseren Spannweiten sorgfältig berechnet werden müssen, Fig. 335. Für die Widerlager von Kreisbögen, Ellipsen oder Korbbögen werden in passenden Fällen die Fundamentabsätze benutzt, Fig. 336. Man sucht die Eintheilung der Gurtbögen immer so einzurichten, dass sie auf die Mitte der Mauerpfeiler, die Fenster also möglichst auf die Mitte der Kappen treffen, weil hierbei Stichkappen-Konstruktionen vermieden werden, deren Ausführung übrigens mit denen bei Tonnengewölben überein stimmt. Sonst ist zu bemerken, dass die Widerlager sämmtlicher Kappen möglichst in gleicher Höhe liegen, ferner ihre Spannweiten nicht sehr ungleich ausfallen sollen, um Ungleichmässigkeiten in der Vertheilung des Gewölbeschubes zu vermeiden. Fussbodenlager (zumeist $^{10}/_{10}$—$^{10}/_{12}$ ^{cm} stark) sollen nicht die Kappen, sondern die Aufmauerungen der Gurtbögen oder die Träger belasten. Die Gurtbögen sind stets nur als Widerlager der Kappen, nicht aber als Widerlager anderer, sie kreuzender Gurtbögen zu betrachten; es muss daher der Punkt, in welchem sich zwei Gurtbögen kreuzen, immer durch eine Säule oder einen Pfeiler, bei Ziegelmauerwerk von gleicher Stärke wie jene, unterstützt sein.

Fig. 334.

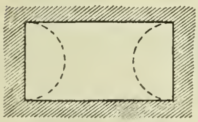


Fig. 335, 336.

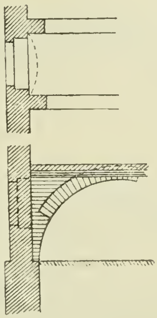
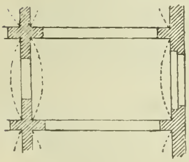


Fig. 337.



In Grundrissen bezeichnet man Kappengewölbe so, dass man die umgeklappten Stirnbögen einpunktirt, Fig. 337.

Preussische Kappen, in Werkstein oder Bruchstein ausgeführt, kommen nur selten vor; für sie gilt übrigens genau das bei den Tonnengewölben Gesagte.

2. Stärke des Gewölbes und der Widerlager.

Die geringste Breite und Höhe eines Gurtbogens beträgt $1^1/_2$ Stein. Am meisten im Gebrauch ist das Kreissegment, welchem man, sobald der Bogen auch noch die Last einer daraufstehenden Mauer zu tragen hat, nicht gern unter $^1/_4$ der Spannweite zur Stichhöhe giebt, während sonst schon $^1/_7$ der Spannweite genügt. Man giebt dem Segmentbogen:

bei 2,0—3,5 ^{m}	Spannweite:	$1^1/_2$—2 Stein Höhe,
„ 3,5—6,0 ^{m}	„	2 —$2^1/_2$ „ „
„ 6,0—8,5 ^{m}	„	$2^1/_2$—3 „ „

Ein Kreisbogen muss mindestens $1^1/_2$ Stein stark, sonst durchweg um $^1/_2$ Stein schwächer als ein Segmentbogen sein.

Die Widerlager macht man $1/3$—$1/5$ der Spannweite stark, je nachdem sie mehr oder weniger belastet sind.

Die Gewölbekappen erhalten:

bis zur Spannweite von 2,5 m: $1/2$ Stein Stärke,
„ „ „ „ 3,0 m: $1/2$ „ „ und 1 Stein starke Verstärkungsgurte in Entfernungen von 1,5 bis 2,5 m,
„ „ „ „ 4,0 m: an den Widerlagern 1 Stein, im Scheitel $1/2$ Stein Stärke und Verstärkungsgurte,
„ „ „ „ 5,0 m durchweg 1 Stein Stärke.

Die Pfeilhöhe beträgt hierbei $1/12$—$1/7$ der Spannweite, je nachdem die Kappen belastet oder unbelastet sind. Kappen zwischen eisernen Trägern giebt man nicht weniger als $1/8$ der Spannweite zur Stichhöhe.

Sind Kappen ganz unbelastet, so ist nöthigenfalls schon mit der Stärke von $1/4$ Stein auszukommen.

Widerlagsmauern werden gewöhnlich $1/5$—$1/4$ der Spannweite, aber nicht unter $1\,1/2$ Stein stark gemacht. Die Stärke flacher Kappen lässt sich auch nach der folgenden empirischen Formel bestimmen, in welcher:

P die Belastung der gesammten Kappe in kg,
l und h die Bogen-Spannweite und Pfeilhöhe in m,
A die Tiefe der Kappe (normal zur Stirnfläche gemessen in m),
s_1 die Stärke im Schlusstein in m,
s_2 die Stärke am Widerlager in m, und
k die zulässige Druckspannung des Gewölbematerials in kg für 1 qcm bedeuten.

$$s_1 = \frac{P\,l}{4\,h\,k\,A} \quad \text{und} \quad s_2 = s_1\,\frac{l^2 + 4\,h^2}{l^2 - 4\,h^2}$$

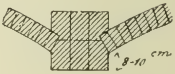
Für gewöhnliche Ziegelsteine kann $k = 7$ kg,
„ gute „ „ „ = 10 „ ,
„ Klinker „ „ „ = 14 „

gesetzt werden. (Vergl. Abschnitt VI e, Seite 33.)

3. Konstruktion und Ausführung des Kappengewölbes.

Zur Herstellung des Widerlagers am Gurtbogen wird letzterer gleich bei der Aufmauerung mit einem Falz versehen, dessen Unterkante mindestens 8—10 cm über der inneren Laibungskante des Bogens liegen muss, Fig. 338. Späteres Einstemmen des Falzes ist wegen der Erschütterung des Bogens unzulässig.

Fig. 338.



Die Einwölbung der Kappen kann auf verschiedene Arten erfolgen, von denen die mit zur Axe parallelen Reihen auf „Kuff“ und die andere auf „Schwalbenschwanz“ die gebräuchlichsten sind; bei letzterer müssen auch die Schildmauern Falze erhalten. Fig. 339 a zeigt die Einwölbung einer Kappe auf Kuff und auf Schwalbenschwanz, 339 b den Durchschnitt mit der Anordnung des Gurtbogens. Die Einwölbung auf Schwalbenschwanz hat die Vorzüge, dass:

1. keine axiale Bruchfuge vorhanden ist;
2. das Gewölbe sich weniger setzt, zumal wenn demselben ein kleiner Stich gegeben worden ist;
3. der Kappendruck zumtheil von den Stirnmauern aufgenommen wird;
4. einigermaassen im Wölben geübte Maurer eine Schalung entbehren können, da die Lehrbögen zur Herstellung des Gewölbes genügen.

Ein Uebelstand der Kuffeinwölbung ist das Fehlen einer Verspannung der Schichten in der Längsrichtung, wogegen man den Vortheil hat, die Kappen auf Rutschbögen einwölben zu können, wodurch die grossen Kosten der Lehrgerüste erheblich verringert werden.

Bei einer dritten Einwölbungsart liegen die Lagerfugen senkrecht zur Axe der Kappe, infolge dessen die einzelnen Reihen bei geringer Spannweite und grossem Stich polygonale Form erhalten; die Stossfugen oder die Steine werden dabei stark keilförmig. Auch bei dieser, übrigens seltener vorkommenden Ein-

wölbungsart sind Rutschbögen anwendbar, Fig. 340 a und b. Endlich kann man, besonders beim Rohbau, nach Fig. 341, eine Schwalbenschwanz-Einwölbung wählen, bei welcher die Fugenrichtung senkrecht zu der gewöhnlichen läuft und in der Mitte mit kreuzförmig gelegten Steinen geendigt wird.

Sehr einfach gestaltet sich die Kappenwölbung bei Anwendung von Eisenbahnschienen oder eisernen Trägern. Gewöhnliche Eisenbahnschienen, Fig. 342, dürfen bei $^1/_2$ Stein starken Kappen höchstens 4 m frei und 1,75 m von einander entfernt liegen. Bei stärkeren Belastungen und grösseren Spannweiten ordnet man bei Längen bis zu 4 m wohl zwei Schienen neben einander an und spreizt dieselben unter sich durch eingefügte Steine ab, Fig. 343. Bei grösseren Längen, bis etwa 6 m, nietet oder schraubt man zwei Schienen mit ihren Fussflächen auf

Fig. 339 a.

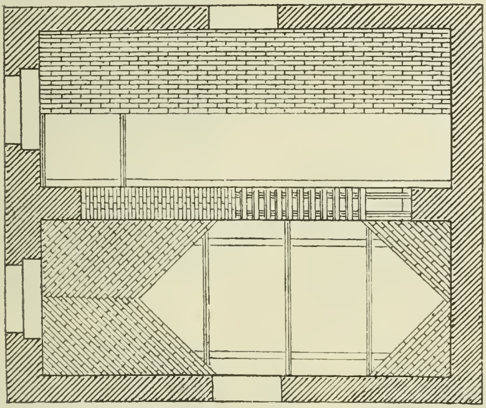


Fig. 340 a u. b.

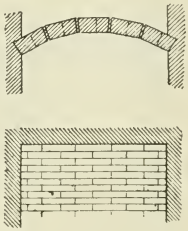


Fig. 341.

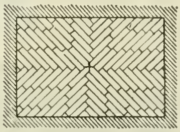
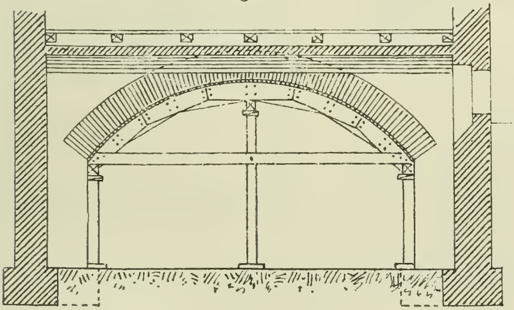


Fig. 339 b.



einander, Fig. 344. Die Kosten, welche bei Anwendung von alten Eisenbahnschienen entstehen, sind jedoch oft höher als diejenigen, welche sich bei Verwendung neuer **I**-Träger von zweckmässiger Form ergeben. Es ist deshalb immer eine vergleichende statische und Kosten-Berechnung angebracht, wobei zu berücksichtigen, dass gebrauchte Eisenbahnschienen öfter mit versteckten Rissen und Fehlern behaftet, daher weniger tragfähig als **I**-Träger sind. (Ihre Anwendung wird daher nicht überall erlaubt.)

Um bei den Widerlagsschichten die Verwendung zu kleiner Zwickelsteine zu vermeiden, trifft man Anordnungen wie in Fig. 345 a und b, wo bei x mit zwei Flachschichten, bei y mit einer Rollschicht begonnen ist. Bei tiefen Räumen oder stark belasteten Gewölben werden die Träger so hoch, dass man gezwungen sein kann, grössere Sand- oder Schuttmassen als Füllmaterial aufzubringen, durch welche die Belastung der Träger sehr vermehrt wird; das kann durch Verwendung besonders geformter oder zugehauener Widerlagssteine, Fig. 346, vermieden werden, wobei die Kappen allerdings ein weniger gutes Auflager erhalten und auch die Gefahr des Abreissens der Trägerflanschen inbetracht zu ziehen ist.

Bei unzureichender Stärke der Widerlager und einer Länge der Kappen von nicht über 4 m muss eine Verankerung derselben durch Einlegen eines oder mehrerer Anker zur Verbindung der beiden äussersten Kappen erfolgen. Auch die Ecken des betr. Raumes müssen sicher verankert werden. Bei grösserer Länge der Kappen ist längs der das Widerlager bildenden Aussenmauer ein eiserner Träger anzuordnen, der an den Enden und auch dazwischen mit dem Nachbarträger oder einer Mauer zu verankern ist. Hierbei empfiehlt sich die in Fig. 348 dargestellte Konstruktion, bei welcher die Fläche zwischen den Trägern durch Gurte getheilt und jeder Zwischenraum als Kappe für sich auf Schwalbenschwanz eingewölbt ist. Die Gurte haben in diesem Falle die Anker zu bergen.

Träger oder Eisenbahn-Schienen müssen ein Auflager von 25 bis 30 cm Länge erhalten, welches mit guten Materialien (Klinker und Zementmörtel) zu untermauern, bei stärkerer Belastung auch mit einer gusseisernen Platte zur besseren

Fig. 342.

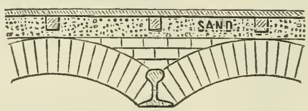


Fig. 343.

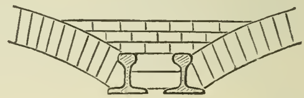


Fig. 344.

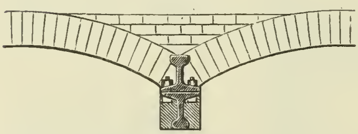


Fig. 345 a u. b.

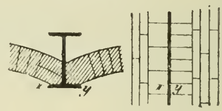


Fig. 346.

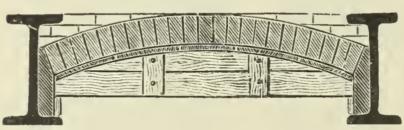
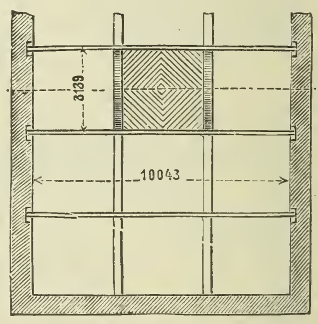


Fig. 347.



Vertheilung des Druckes zu versehen ist. Auch die Einmauerung der Trägerenden darf wegen der Gefahr des Rostens nur mit reinem Zementmörtel erfolgen.

In neuerer Zeit hält man Schutz des Eisens gegen den unmittelbaren Angriff von Stichflammen für nothwendig, und sucht deshalb die Aussenflächen der Träger ganz in die Deckenkonstruktion einzuhüllen. Unter Verweisung auf den weiterhin folgenden, besonderen Haupt-Abschnitt IV sollen hier nur einige betr. Konstruktionen abgebildet werden, in welchen zugleich die Herstellung einer in der Untersicht geraden Decke verwirklicht ist. Fig. 348 a—e zeigen einige solche Wölbungen. Die Wölbsteine sind bei einer Spannweite der Bögen von 1 bis 2,7 m 15—20 cm hoch, so dass 1 qm solcher Kappen 100—170 kg wiegt. Die Untersicht der Wölbsteine ist meist geriffelt, wodurch für den Putz ein besserer Halt geschaffen wird. Bei den Wölbungen, Fig. 348 a und e, ist der untere Trägerflansch durch Zementputz geschützt; bei den Anordnungen, Fig. 348 b und c, sind zu demselben Zweck kleine Thonplatten eingeschoben; bei der Anordnung Fig. 348 d wird der Träger von zwei Formsteinen gänzlich eingeschlossen. Der Brand der Ziegel zu der Form 348 e ist sehr schwierig.

Stichkappen kommen bei preussischen Kappen nur sehr selten vor, bieten aber keine Besonderheiten, Fig. 349 a und b. Oft jedoch müssen Kellertreppen-Oeffnungen, Oberlichte usw. in den Kappen ausgespart werden, was nach

Fig. 350 a, b und c so geschieht, dass der Seitenschub des Gewölbes durch einen eingefügten Bogen aufgefangen wird. Statt des Mauerkranzes in Fig. 350 c kann man auch eine viereckige, eiserne Zarge verwenden, welche wie jener, mit Rohglas abzudecken ist, Fig. 350 d.

Die Ausführung steigender Kappen, die sehr häufig bei Treppen angewendet werden, entspricht genau der von Tonnengewölben.

Die Einwölbung auf Kuff ist sehr bequem, weil man sie auf Rutschbögen herstellen kann. Bei vollen Mauern können die die Wölbscheiben tragenden, oben glatt gehobelten Rahmenhölzer mit langen Haken an der Wand befestigt werden, Fig. 351.

Fig. 348 a—e.

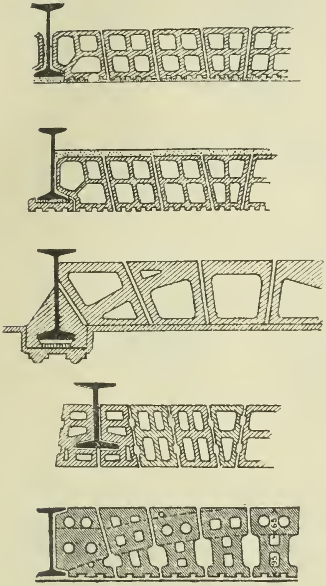


Fig. 349 a u. b.

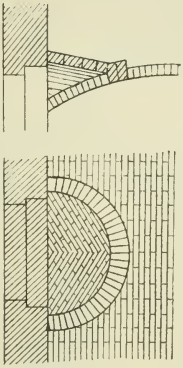


Fig. 350 a—c.

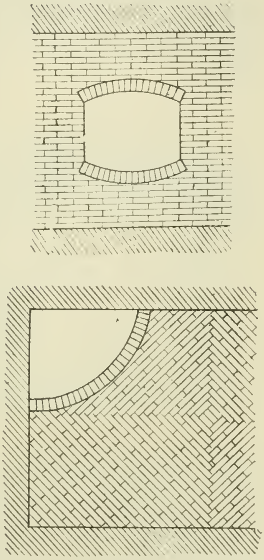
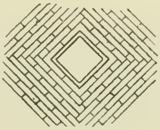
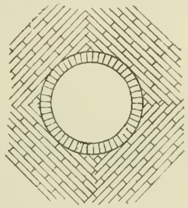


Fig. 350 d.





Zwei Wölbscheiben werden in der Entfernung von etwa 1 bis 1,25 m eingeschalt und können nach Fertigstellung des Kappenstückes und Entfernung der Keile leicht auf den mit schwarzer Seife geglätteten Rahmenhölzern fortgeschoben werden. Noch bequemer ist es, die beiden Wölbscheiben nebst der Schalung durch Anbringung zweier Wangen zu einem unten offenen Kasten zu vereinigen, den man gegen Verschieben durch zwei in der Diagonale unten angebrachte, in der Mitte überblattete Leisten schützt. Die Fortbewegung erfolgt mithilfe von eisernen Griffen. Bei Gurtbögen lassen sich die in Fig. 351 angedeuteten Haken nur selten anwenden; die Rahmenhölzer müssen hier mit Netzriegeln unterstützt werden.

Bei Trägern kann die Befestigung entweder mittels gekrümmter Hängeeisen nach Fig. 352 a erfolgen, wobei nur darauf aufmerksam zu machen ist, dass die beiden Rahmenhölzer durch das Zwischenstück *a* gegenseitig abgespreizt werden müssen, um das Umbiegen der Eisen infolge der Schwere des Gewölbes zu verhindern, oder durch Zangen nach Fig. 352 b und c.*) Ein grosser Vortheil beim Gebrauch von Rutschbögen ist der, dass bei der Einwölbung die Maurer zwischen

*) Ein gutes Beispiel derartigen Rüstmaterials für gewölbte Decken (auch brauchbar für ebene Betondecken) siehe Deutsche Bauztg. 1901, S. 414 u. 650.

den Gurtbögen und Trägern stehen können, während sie bei Einwölbung auf Schwalbenschwanz auf der Einschalung stehen müssen.

Zur Herstellung von Bögen und Gewölben gleicher Krümmung aber verschiedener Spannweiten lassen sich unter Umständen verstellbare Lehrbögen mit Vortheil anwenden. Eine solche Konstruktion ist in Fig. 353 dargestellt. (Von Ch. Zimmermann, Köln-Ehrenfeld.) Die Lehre besteht aus zwei Theilen, die je nach der Spannweite auseinander gezogen und mit durchgesteckten Stiften verbunden werden können. Die Ausbildung der Enden der Lehre ist derart, dass sowohl eine Auflagerung auf Mauervorsprüngen und Trägern, wie an glatten Mauerflächen (dann mit den Hilfsmitteln wie bei Fig. 351) möglich ist.

Auch die Spengler'schen sog. Sparbögen, welche aus mehreren linsenförmigen Theilen zusammengesetzt werden, erfüllen den Zweck, mit einer geringen Anzahl derselben für alle vorkommenden Spannweiten auszureichen; Abbildung und Beschreibung in der D. Bauztg. 1894, S. 279.

Fig. 351.

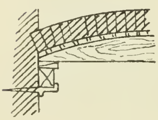
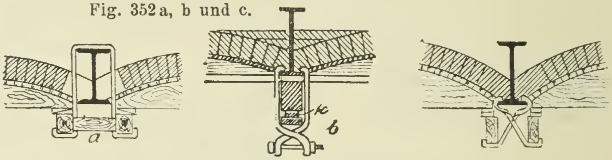


Fig. 352 a, b und c.



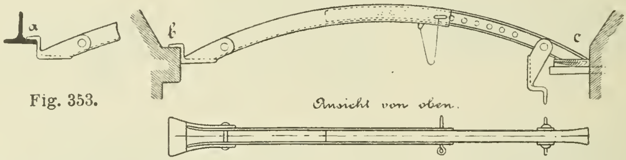


Fig. 353.

Können nicht mehrere Kappen zu gleicher Zeit eingerüstet und gewölbt werden, so sind die Gurtbögen oder Träger der anstossenden, leeren Gewölbefelder abzuspreizen, weil sie sonst leicht durch den Seitendruck der fertigen Kappen zur Seite gedrückt werden könnten. Besondere Vorsicht ist beim Entfernen des Lehrgerüstes nothwendig und das allmähliche Ausrüsten neben einander liegender Kappen anzurathen, damit sich der Seitendruck beim Setzen derselben langsam ausgleiche.

γ. Das Klostergewölbe.

Denkt man sich ein Tonnengewölbe durch zwei diagonal geführte, senkrechte Schnitte in vier Theile zerlegt, Fig. 354, und vier mit *a* bezeichnete Theile zusammen gesetzt, so entsteht ein Klostergewölbe; alle Umfassungswände desselben bilden Widerlager, die Schnitte der Kappen „Kehlen“. Vier der Kappen *b* würden das Kreuzgewölbe geben. Dem Klostergewölbe fehlen Schild- oder Stirn-Mauern. Bei einer anderen Erklärung denkt man sich das Klostergewölbe aus der Durchdringung zweier Tonnengewölbe entstehend, die flach-, rundbogig, elliptisch, spitzbogig usw. sein können. Ein Klostergewölbe kann auch über einem quadratischen, oblongen oder vielseitigen Raume hergestellt werden, Fig. 355. Wird das Vieleck zum Kreis, so entsteht die Kuppel; doch werden Klostergewölbe mit grosser Pfeilhöhe schon dann als Kuppeln bezeichnet, wenn sie über einem Achtseit angeordnet sind, wie man z. B. bei dem Dome von Florenz von einer Kuppel spricht, die eigentlich ein Klostergewölbe ist.

Fig. 356 a und b zeigen ein Klostergewölbe, in Haustein ausgeführt, im Grundrisse und Schnitt nach *A—B*. Die Wölbsteine *x* gleichen hierbei genau den gewöhnlichen Tonnengewölbsteinen; in Fig. 357 a und b sind der Schlusstein und ein Kehlstein dargestellt. Zur Einwölbung ist eine vollständige Einschalung auf Diagonalbögen *b*, Fig. 358, von denen natürlich nur einer in einem Stück durchgehen kann, auf Schiftbögen *c*, und oft auch noch auf Axbögen erforderlich,

die aber nicht bis zum Mittelpunkt a reichen, sondern vorher ausgewechselt sind. Der Scheitel a ist durch einen „Mönch“, ein senkrecht stehendes Holz, unter-

Fig. 354.

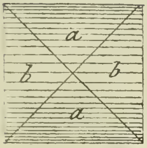


Fig. 355.

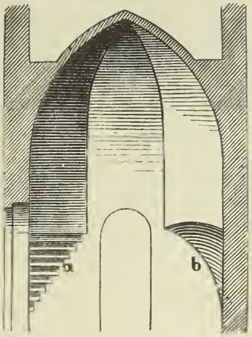


Fig. 356b (Schnitt A—B).

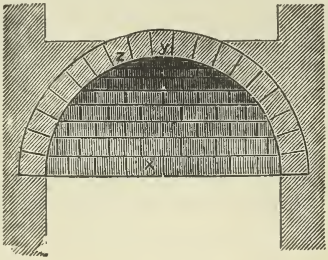


Fig. 359.



Fig. 356a.

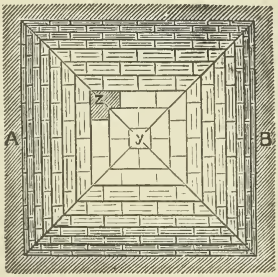


Fig. 357a u. b.

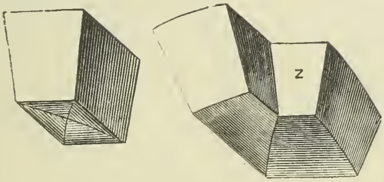
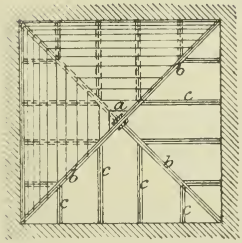


Fig. 358.



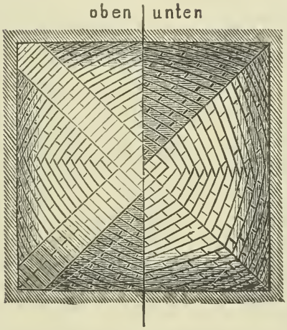
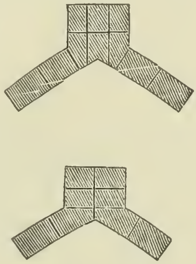


Fig. 360a, b u. c.

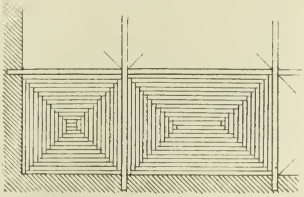


stützt. Die Austragung der Diagonalbögen erfolgt durch Vergatterung.

Bei Backsteinbau geschieht die Einwölbung gewöhnlich mit zu den Widerlagern parallelen Schichten, doch so, dass in den Kehlen keine durchlaufende Fuge entsteht, was durch Uebergreifen der Steine leicht zu erreichen ist, Fig. 359.

Auch auf „Schwalbenschwanz“ kann die Einwölbung erfolgen, wobei die Kehlen gewöhnlich durch Grate verstärkt werden, Fig. 360a, b u. c; doch erfordert das Verhau der Steine an den Widerlagern.

Fig. 361.



Das Klostergewölbe ist für nicht hohe Räume noch unpraktischer als das Tonnengewölbe; es müsste denn ganz flachbogig ausgeführt werden. Denkt man

sich statt der in Fig. 347, S. 128 angeordneten Gurtbögen kurze eiserne Träger zwischen die langen genietet, so können die einzelnen Deckenfelder durch flache Klostergewölbe, wenn sie jedoch eine längliche Form haben, durch flache Muldengewölbe, wie in Fig. 361, geschlossen werden. In seiner reinen Form wird das Klostergewölbe fast nur zur Herstellung von Herd- (Rauch-) Mänteln benutzt; auch für diesen Zweck ist es durch das leichtere Eisenblech verdrängt worden. Dagegen hat es vielfach in Verbindung mit Stichkappen Anwendung gefunden. Fig. 362a und b zeigen ein spitzbogiges Klostergewölbe über einem quadratischen Raume mit Stichkappen; Fig. 363 stellt ein gedrücktes Gewölbe über der Capella de Vitelli in S. Francesco zu Citta di Castello in Umbrien dar. Bei einem Achtseit, z. B. dem Baptisterium in St. Giovanni in fonte in Florenz, ist die Konstruktion genau dieselbe.

Nach Fig. 364a und b lässt sich ein steiles, spitzbogiges, oder nach einem Korbbogen geformtes Klostergewölbe über einem vielseitigen Raume mithilfe von Stichkappen sehr hübsch ausbilden. Die Konstruktion geht aus dem Grundriss

Fig. 362a u. b.

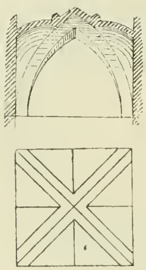


Fig. 365.

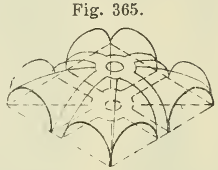


Fig. 364a.

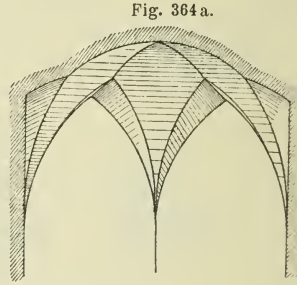


Fig. 363.

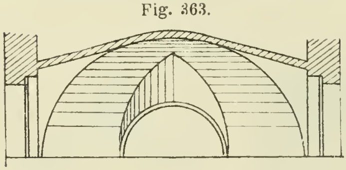
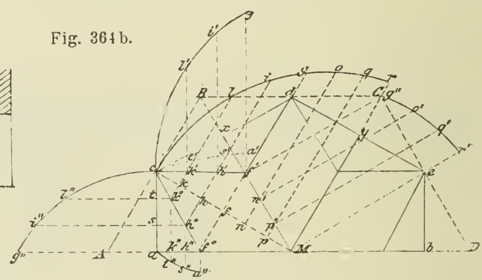


Fig. 364b.



deutlich hervor. Der Grat *cg'* ist aus dem Profil *cgf* zu vergattern, die Scheitelansteigung der Kappen = den Gratprofilhöhen, abzüglich der Stirnbogenprofilhöhen. Giebt man den Klostergewölbkappen Busen, so könnte aus dem Klostergewölbe eine Stutzkuppel mit Stichkappen entstehen; es würden dabei die Kehlen verschwinden. Bei noch grösserer Stichhöhe des Busens würden dieselben zu Graten werden.

Eine Anordnung, wie wir sie bei den sogen. Jesuitenbauten häufiger antreffen, Fig. 365, wobei das Klostergewölbe von acht Stichkappen durchschnitten wird, lässt von dem ersteren überhaupt nicht viel übrig. Ein Uebelstand bleibt dabei, dass sich die Stichkappen-Konstruktionen nur bei einem quadratischen oder regelmässig vielseitigen Raume in ansprechender Weise ausführen lassen, während sie bei einem gestreckten Raume hässlich sein würden.

Nachstehende Ausführungsweise hat den Vortheil, den Gewölbeschub grösstentheils auf die Ecken zu übertragen und dabei auch nach allen Bogenformen ausführbar zu sein: denkt man sich um die Ecken des zu überwölbenden Raumes *a b c d*, Fig. 366b, unter 45° ein entsprechend grösseres Quadrat gelegt, dieses mit einem einfachen Klostergewölbe überwölbt, die über die Seiten *a b*, *a c* usw. vorstehenden Dreiecke abgeschnitten und die Ecken *a b c d* unterstützt, so erhält man wieder ein Klostergewölbe mit vier Schildbögen, bei welchem diese zu

Spitzbögen, die Kehlen aber Ellipsen werden, Fig. 366a. Wir finden diese Art eines Klostergewölbes über dreieckigem Raume in Notre Dame zu Paris ausgeführt,*) Fig. 367a und b.

Eine weitere Veränderung des Klostergewölbes, die auch über gestrecktem Raume brauchbar ist, entsteht, Fig. 368a und b, dadurch, dass man über den Grundriss *m n o p* ein um 45⁰ verschobenes Viereck gelegt denkt. Man wölbt nun aus den Ecken *m n o p* die vier Zwickel *a n b*, *c o d*, *e p f* und *g m h*, darauf das Achtseit *a b c d e f g h* mit zu den Seiten parallelen Schichten bis

Fig. 366a u. b.

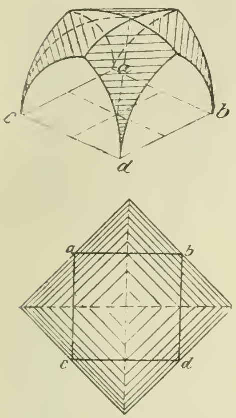


Fig. 367a u. b.

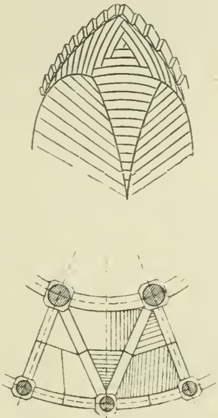


Fig. 368a u. b.

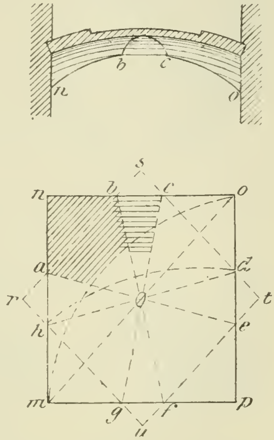


Fig. 369a u. b.

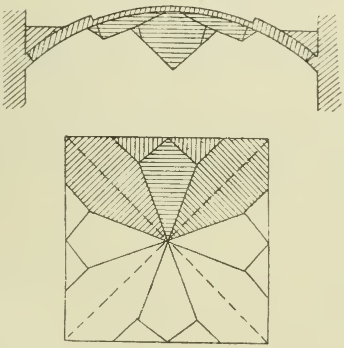
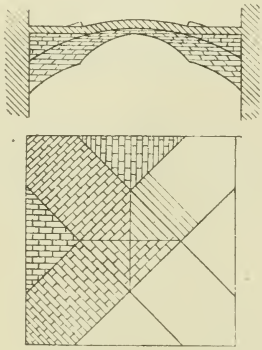


Fig. 370a u. b.



zum Schluss. Der Bogen der Diagonalen *m o* und *n p* ist von vorn herein, der der Kehlen *a e*, *b f* usw. darnach durch Vergatterung zu bestimmen.

Ein sternförmiges Klostergewölbe erhält man aus dem vorigen durch Hinzufügung von acht Stichkappen, Fig. 369a und b.**) Fig. 370a und b endlich zeigen ein kreuzförmiges Klostergewölbe, welches wieder, wie Fig. 366, durch Drehung entstanden, dann aber noch von vier grösseren Stichkappen durchbrochen ist.***)

*) Viollet le Duc, dict. rais. Tome IX, pag. 512.
**) Deutsche Bauzeitg. 1881, S. 163 u. 455.
***) Deutsche Bauzeitg. 1883, S. 254.

Die Stärke der Kappen eines Klostergewölbes entspricht der der Tonnengewölbe. Ist der Grundriss ein Quadrat, so muss die Stärke des Widerlagers = $^2/_3$ der eines Tonnengewölbes von gleicher Spannung sein, = $^3/_4$, wenn die eine Seite des Grundrisses doppelt so gross als die andere ist.

Zum Schluss sei noch auf den Uebergang aus dem Viereck in das darüber liegende Achteck hingewiesen, der häufig bei Klostergewölben, besonders aber bei Kirchen- und auch Thurmbauten vorkommt. Fig. 371a und b zeigen die

Fig. 371a u. b.

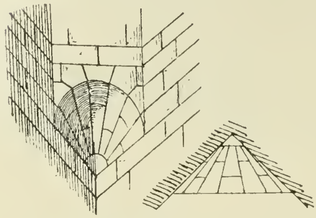


Fig. 372.

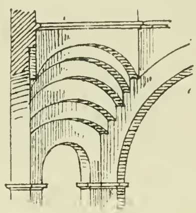


Fig. 373.

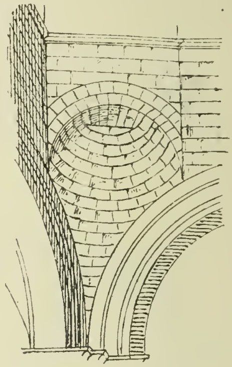
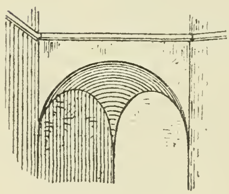


Fig. 374.



Ueberführung mithilfe eines aus Schnittsteinen gebildeten Kegels, wie wir sie bei mittelalterlichen Bauten, häufig auch in Spitzbogenform finden. Fig. 372 zeigt die einfachste Form, eine Ueberkragung einzelner Bögen, in S. Lorenzo zu Mailand. Fig. 373 stellt einen nischenartigen Uebergang aus dem Dom von Worms dar, welcher auch spitzbogig ausführbar wäre, Fig. 374 endlich die Ueberführung mittels einer halben, diagonal geschnittenen Hängekuppel aus S. Vitale bei Ravenna. Zwei sehr einfache Konstruktionen für kleinere Abmessungen sind in Fig. 355 bei a und b angegeben.

δ. Das Muldengewölbe, scheitrechte Gewölbe und Spiegelgewölbe.

Das stets über einem länglichen Raume angeordnete Muldengewölbe setzt sich aus einem Tonnengewölbe und dem Klostergewölbe zusammen, so zwar, dass die beiden schmalen Seiten des Raumes durch zwei Klosterkappen geschlossen sind, Fig. 375. Die Grundform kann rechteckig oder trapezförmig sein, Fig. 376. Alle Kehllinien werden durch Halbirung der Winkel gefunden und sind aus der Krümmungslinie der Tonne durch Vergatterung zu bestimmen.

Fig. 375a, b u. c.

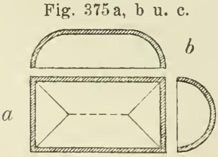


Fig. 376.

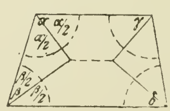
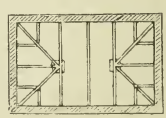


Fig. 377.



Für die Konstruktion gilt genau das über das Tonnen- und Klostergewölbe Gesagte. Bei der Ausführung ist vollständige Einschalung des Lehrgerüstes, Fig. 377, erforderlich. Das Muldengewölbe wird hauptsächlich bei Kasemattenbauten unter Erdschüttung angewendet und im Grundriss durch Einpunktirung der Kehllinien bezeichnet.

Das scheitrechte Gewölbe kann zur Ueberwölbung von höchstens 3,5 m weiten Räumen benutzt werden; es verträgt keine Belastung, wird nie ganz eben, sondern stets mit wenigstens $^1/_{36}$ der Spannweite als Stich auf Schwalbenschwanz eingewölbt und später, wenn es erforderlich sein sollte, mit stärkerem

Auftrag in der Mitte glatt — wagrecht — geputzt, Fig. 378. Eine möglichst grosse Auskragung der Widerlager ist hier besonders angebracht.

Die Annehmlichkeiten, welche das scheitrechte Gewölbe mit sich bringt, die Möglichkeit der Herstellung einer flachen, wagrechten Decke, häufig auch die Verminderung der Konstruktionshöhe selbst gegenüber den preussischen Kappen, hat neuerdings dahin geführt, theils mithilfe von Eiseneinlagen, theils auch ohne solche eine grosse Zahl von flachen Deckenkonstruktionen in Ziegelbau zu erfinden, welche allerdings auf den Namen „Gewölbe" keine Ansprüche erheben können. Schon die Fig. 348 a—e zeigten die Möglichkeit, scheitrechte Kappen herzustellen, doch waren dies infolge der radial gerichteten Fugen immer noch Wölbungen. Von den in den letzten Jahrzehnten erfundenen Deckenkonstruktionen, die wie Pilze aus der Erde schossen, können hier nur die wichtigeren Erwähnung finden. Dieselben lassen sich in zwei Abtheilungen zerlegen, in solche mit Eisen- und solche ohne Eisen-Einlagen; die erste Abtheilung besteht wieder aus drei Gruppen. Die erste derselben ist durch die Kleine'sche Erfindung charakterisirt und beruht auf der Anordnung von Eiseneinlagen in den Reihen-Fugen der Ziegelsteine. Die zweite, nur eine Abänderung der ersten, verwendet statt der Band- oder sonstigen Eiseneinlagen ⊥ Eisen u. dergl., welche während der Ausführung zunächst durch das Eigengewicht der Steine auf Biegungsfestigkeit inanspruch genommen werden, später aber wie bei der ersten Gruppe die Zugspannungen aufnehmen. Die dritte Gruppe endlich besteht in einer Ziegelflachschicht auf

Fig. 378.

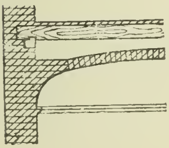
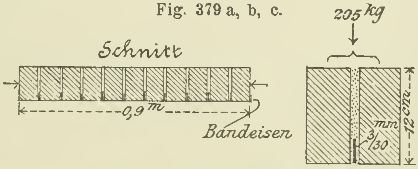
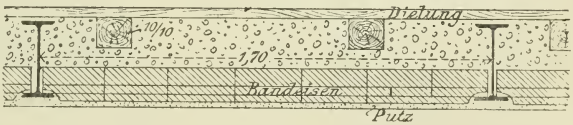


Fig. 379 a, b, c.





einer die Zugspannung aufnehmenden gestanzten Blechtafel. Die Kleine'sche Decke, Fig. 379 a, b, c, wird auf einer Schalung aus leichten Ziegeln, porösen Lochsteinen oder rheinischen Schwemmsteinen in Zementmörtel hergestellt. Bei geringen Belastungen und Trägerabständen, wie sie bei Wohngebäuden üblich sind, werden die Steine flachseitig, bei grösseren Belastungen hochkantig so verlegt, dass die Lagerfugen rechtwinklig zu den eisernen Deckenbalken laufen, die wie bei den preussischen Kappen angeordnet werden. In jede dieser Lagerfugen wird von Träger zu Träger ein eisernes, hochgestelltes Bandeisen eingebettet, welches gut von Zementmörtel umhüllt sein muss. Die Höhenlage der Steinplatte zwischen den Trägern ist beliebig. Bei glatter Decke lässt man die Unterfläche der Steine etwa 1 cm unter dem Träger hervorragen, sodass die Unteransicht der Flanschen mit einem Zementbewurf verdeckt werden kann. Schliesslich wird die ganze Deckenfläche mit gewöhnlichem Kalkmörtel geputzt, nachdem vorher etwa offen gebliebene Fugen mit Zementmörtel verstrichen sind. Das Anbringen eines hölzernen Fussbodens geht aus Fig. 379 deutlich hervor. Ebenso leicht lässt sich natürlich ein massiver Fussboden anwenden.

Die Druckfestigkeit des Steines wird durch die Zugfestigkeit des Eisens dabei ergänzt, welches hier auch, weil hochkantig gestellt, Biegungsspannungen aufnehmen kann. Auf vollständige Umhüllung der Eisentheile mit dem Zementmörtel ist mit Sorgfalt zu achten, da hiervon die Haltbarkeit der Konstruktion abhängt. Die Stärken des Bandeisens sind hauptsächlich durch Versuche festgestellt und gehen aus nachstehender Tabelle hervor:

Trägerabstand oder Länge der Bandeisen	Abmessungen der Bandeisen- (Stärke) Breite in mm bei einer gesammten Deckenlast für das qm von					
	400 kg		550 kg		750 kg	
		Eisengewicht für 1 qm Decke		Eisengewicht für 1 qm Decke		Eisengewicht für 1 qm Decke
m	mm	kg	mm	kg	mm	kg
0,8	$^1/_{25}$*	1,5	$^1/_{25}$*	1,5	$^1/_{30}$*	1,8
0,9	$^1/_{25}$*	1,5	$^1/_{25}$*	1,5	$^1/_{25}$	1,8
1,0	$^1/_{25}$*	1,5	$^1/_{25}$	1,8	$^1/_{25}$	1,8
1,1	$^1/_{30}$*	1,8	$^1/_{25}$	1,8	$^1/_{35}$	2,5
1,2	$^1/_{25}$	1,8	$^1/_{30}$	2,1	$^2/_{25}$	3,5
1,3	$^1/_{25}$	1,8	$^1/_{35}$	2,5	$^2/_{25}$	3,5
1,4	$^1/_{30}$	2,1	$^2/_{25}$	3,5	$^2/_{25}$	3,5
1,5	$^1/_{35}$	2,5	$^2/_{25}$	3,5	$^2/_{30}$	4,2
1,6	$^2/_{25}$	3,5	$^2/_{25}$	3,5	—	—
1,7	$^2/_{25}$	3,5	$^2/_{30}$	4,2	—	—
1,8	$^2/_{25}$	3,5	$^2/_{35}$	4,9	—	—
1,9	$^2/_{25}$	3,5	—	—	—	—
2,0	$^2/_{30}$	4,2	—	—	—	—
2,1	$^2/_{35}$	4,9	—	—	—	—

Bei den mit * versehenen Zahlen liegen die Ziegel flachseitig, sonst hochkantig.

Etwas sehr ähnliches wie die Kleine'sche Decke ist die von Beny. Diese gewährt der ersteren gegenüber, wie aus Fig. 380 hervorgeht, den Vortheil, dass die Steine von den hochkantig gestellten Flacheisen getragen werden, so dass das Lehrgerüst hierdurch überflüssig wird.

Fig. 380.

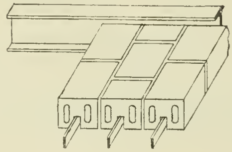


Fig. 381 a, b u. c.

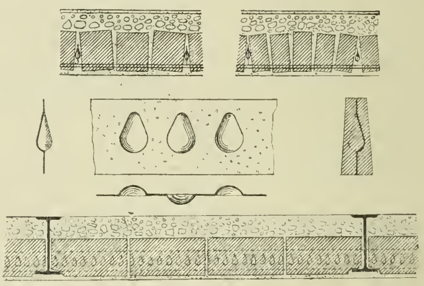
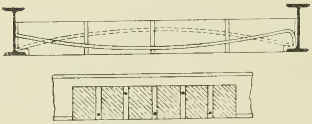


Fig. 382.



Auch die Schürmann'sche Deckenkonstruktion ist nur eine Abänderung der Kleine'schen. In die Schienen, von $60/1^1/_4$ mm und $60/1^1/_2$ mm Abmessungen, sind abwechselnd nach der einen und der anderen Seite ausspringende Buckel eingewalzt (daher der Name Wellblechschiene). Sie werden bei rheinischen Schwemmsteinen in Abständen von etwa 30 cm verlegt. Sie genügen bis zu einer freitragenden Länge von $1^1/_2$ m. Auch an den Wänden entlang sind Schienen anzuordnen. Die drei zwischen den Schienen befindlichen Steine werden nun so verlegt, dass sie eine Wölbung bilden, also zwei schräg zu den benachbarten Schienen gerichtet, der mittelste als Schlusstein lothrecht, wie aus Fig. 381 a, b u. c zu ersehen ist. Nachdem die Steine auf einem verschalten, ebenen Lehrgerüst verlegt sind, erfolgt ein Verguss mit Kalk- oder besser verlängertem Zementmörtel. Nachträglich wurden statt der drei zwischen den Schienen befindlichen Schwemmsteine drei keilförmige Lochsteine der Firma Höfgen & Peschke verwendet, von denen die beiden äusseren Höhlungen zur Aufnahme der Wellblechschienen erhielten.

Auf eine trägerartige Wirkung der Wellblechschienen ist natürlich nicht viel zu rechnen, da hierzu ihr Widerstandsmoment gegen Biegung viel zu klein ist. Auch hier dient das Eisen im wesentlichen nur zur Aufnahme von Zugspannungen. Gegenüber dem glatten Bandeisen der Kleine'schen Decke erhöht sich durch die Buckel die Haftfestigkeit, sodass der Widerstand gegen das Herausdrücken einzelner Steine (durch konzentrirte Einzellasten) wohl etwas grösser wird.

In Fig. 382 ist die Victoriadecke von Wilckens in Bremen dargestellt. Bei dieser liegen abwechselnd sowohl nach unten gebogene (Hangeisen), als auch nach oben gebogene Eisen (Spanneisen), Rund- oder Quadrateisen, in den Reihenfugen. Die Hangeisen werden an den Enden etwas über der Mittellinie der Deckenplatte entweder zwischen den Trägern eingespannt oder mit den umgebogenen Enden auf den Unterflansch der Träger gestellt. Bei grösseren Spannweiten oder sehr hohen Beanspruchungen wird von beiden Eisen eine zusammenhängende Schleife gebildet, sodass in jede Fuge beide zugleich eingelegt werden. In nachstehender Tabelle ist jedoch bei den Decken mit über 1,50 m Spannweite angenommen, dass in einer Fuge ein Spanneisen, in den darauf folgenden beiden je ein Hangeisen angeordnet werden usw.

Steinmaterial	Spannweite in m	Stärke der Decke ohne Putz in cm	Mörtel-Maasstheile Zement	Mörtel-Maasstheile Sand	Mörtel-Maasstheile hydr. Kalk	Entfernung der Eiseneinlagen in cm	Stärke der abwechselnd eingebetteten Hang- und Spanneisen in mm ○	Stärke der abwechselnd eingebetteten Hang- und Spanneisen in mm □
a. Schwemmsteine od. Deckensteine 10, 12, 25 cm oder 10, 15, 25 cm.	bis 1,25	10	1	6	1	13	6	5
	„ 1,50	12	1	6	1	11	7	6
	„ 2,00	12	1	4	1/2	11	7	6
	„ 2,50	15	1	3	—	11	8	7
b. Poröse Ziegel od. Hohlziegel 6,5, 12, 25 cm.	„ 1,25	6,5	1	4	1/2	13	6	6
	„ 1,50	12	1	4	1/2	8	7	6
	„ 2,00	12	1	3	—	8	7	6—7
c. Vollziegel 6,5, 12, 25 cm.	„ 1,25	6,5	1	4	1/2	13	6	6
	„ 1,50	12	1	6	1	8	7	6
	„ 2,00	12	1	4	1/2	8	7	6—7
	„ 2,50	12	1	3	—	8	8	7

Das Müller'sche System verwendet die in Fig. 383 dargestellten Formsteine mit Einlage von Winkeleisen 15, 15, 3 mm, denen entsprechend die Steine unten einen Ansatz bezw. einen Ausschnitt erhalten müssen. Die Steine sind 24 cm lang

Fig. 383.



Fig. 384 a.

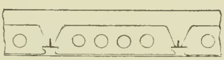


Fig. 384 b.



und entweder 10 oder 13 cm hoch. Abweichend von den früheren Konstruktionen kommen hier die Schmalseiten der Steine mit den L Eiseneinlagen in Berührung. Aehnlich ist endlich die Hundrieser'sche Decke, doch sind hier wieder die Reihenfugen mit den Winkeleisen-Einlagen von den Langseiten der Steine gebildet, welche eine ähnliche Form, wie die der später zu beschreibenden Förster'schen Decke haben, nur dass der mittlere Theil der Fuge zur Aufnahme des einen Winkeleisenschenkels wagrecht angeordnet ist.

Bei der zweiten Art dieser Decken werden ⊥- oder I-Eisen, die gewöhnlich aus Stahl gewalzt sind, zum anfänglichen Tragen der Mauersteine benutzt, um das Rüstmaterial zu sparen, während sie nach Erhärtung des Mörtels wieder

zur Aufnahme der Zugspannungen dienen. Ein Beispiel dieser Decken ist in der Czarnikow'schen, Fig. 384a u. b, gegeben, welche 8, 10 und 12^{cm} Stärke hat. Die Querträger sind an den Enden entsprechend der Form des Unterflansches der Hauptträger gekröpft. Aehnlich sind die Maucher'sche und Donath'sche Decke. (Letztere Deutsche Bauztg. 1900, S. 69 u. 96.)

Die Herkules-Decke, Fig. 385, von Häusler & Geppert in Breslau, stellt eine Steinplatte auf ⊥ Eisen her, welche aus zwei über einander liegenden Schichten von Falzsteinen so hergestellt wird, dass ein oberer hakenartig immer in vier untere eingreift. Die Steine sind 33^{cm} lang, 24^{cm} breit, in den Falzen 6—7 und in den Nuthen 3—4^{cm} hoch. Die ganze Platte ist 10—12^{cm} stark.

Die dritte Art ist durch die armirte Mauersteinplatte, System Dabbert & Hütten, vertreten. Sie besteht aus einer gewöhnlichen Ziegelflachschicht in Zementmörtel auf einer mit Rundeisenstäben armirten, gestanzten, $^1/_2$^{mm} starken Blechtafel. Die Ausführung erfolgt auf einer Schalung, deren Bretter 30—40^{cm} Zwischenraum haben können. Das Eigengewicht der Decke beträgt 230^{kg} und ermässigt sich auf 165^{kg}, wenn die Platte auf den oberen Flanschen der Träger angeordnet werden kann.

Die zweite Abtheilung der scheitrechten Deckenkonstruktionen besteht aus Formsteinen ohne Eiseneinlagen, die mit einer Art Feder oder Nuth ineinandergreifen. Da die Zugspannungen hier nicht mehr von Eisen auf-

Fig. 385.

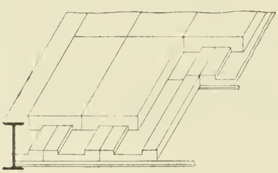


Fig. 386.



Fig. 387.

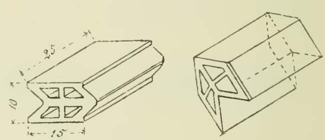


Fig. 388.



genommen werden, tritt bei diesen Decken ein starker Seitenschub auf die Widerlager ein. Das Maass der Tragfähigkeit wird hierbei durch die Bruchgrenze der Steine bestimmt und deshalb sind diese Decken nur für geringere Spannweiten verwendbar. Eine solche Konstruktion ist z. B. in Fig. 386 nach dem System Förster wiedergegeben. Die Ziegel werden als gebrannte poröse Lochsteine mit Abmessungen von 25 zu 13 zu 10^{cm} hergestellt und zwischen eisernen I Trägern in verlängertem Zementmörtel (1 : 1 : 4) auf einer ebenen Bretterschalung verlegt, welche nach zwei Tagen wieder entfernt werden kann. Die Spannweite der Deckenfelder kann bis zu 1,20^{m} ausgedehnt werden. Ein Deckenfeld von 1,13^{m} Spannweite und 10^{cm} Stärke hielt eine Belastung von 2225^{kg} aus, ohne irgend welchen Schaden zu leiden. Es bildet eine Platte, welche an beiden Seiten auf den Trägerflanschen aufliegt. Seitliches Ausweichen ist durch den Steg des Trägers verhindert. Die Fussbodenbildung geschieht wie bei den vorigen Decken.

Fig. 387 zeigt die Steine nach dem System Lauterbach, welche in gleicher Weise wie noch eine ganze Anzahl ähnlicher Systeme, z. B. das von Blunk, Schuricht, v. d. Borne, Müller, Gruschwitz, Schäfer usw., benutzt werden, die sich nur durch die Form der „Spundung" unterscheiden. Pabst in München stellt bei 60^{cm} Trägerabstand flache Lochsteine sprengwerkartig geneigt und auf den unteren Flanschen aufruhend gegeneinander. Die wagrechte Deckenfläche muss dabei durch Drahtputz hergestellt werden.

Endlich wird auch diese Art von Decken, ähnlich wie die Beny'sche, mit Eiseneinlagen ausgeführt. Fig. 388 zeigt diese Anordnung.

Nachstehende Tabelle giebt die Spannweiten an, bei welchen einige der Decken noch von der Berliner Polizeibehörde zugelassen werden:

Name	Stärke cm	Eigengewicht kg/qm	Zulässige Spannweiten in Metern bei Totallasten von kg — auf 1 qm: 500	600	750	850	1000	1100	1250
Kleine	10	220	1,6	—	1,3	—	1,15	—	—
	12	290	1,9	—	1,55	—	1,30	—	1,04
Schürmann	12	350	—	1,5	—	1,25	—	1,10	—
Czarnikow	8	230	1,85	—	1,50	—	1,30	—	—
Dabbert & Hütten	7,5	230	2,30	—	1,85	—	1,00	—	1,45
Förster	8	220	0,6	—	—	—	—	—	—
	10	240	1,2	—	1,0	—	0,85	—	—
Schäfer	12	260	0,9	—	0,6	--	—	—	—

Zur Verwendung von Hof- und Durchfahrts-Kellerdecken sind nur die Kleine'sche 12 cm starke Decke und die Dabbert & Hütten'sche Mauersteinplatte zugelassen.*)

Früher wurde das scheitrechte Gewölbe nie allein, sondern immer als mittlerer Theil eines Spiegelgewölbes ausgeführt. Dieses, sowohl über einem quadra-

Fig. 389a u. b.

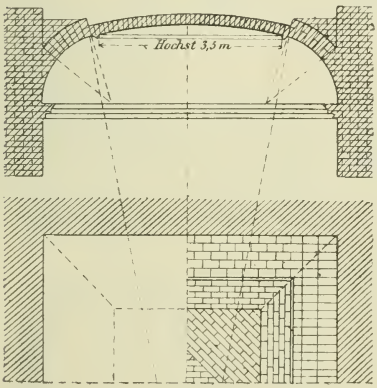
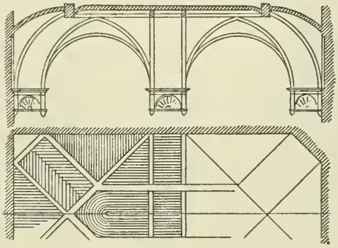


Fig. 389c u. d.



tischen, wie einem rechteckigen Raume von gestreckter Form anwendbare Gewölbe besteht aus zwei Theilen, dem unteren, einem rings herum laufenden, halben, meistens mit Stichkappen versehenen Klostergewölbe, und dem oberen, bestehend aus einem flachen, scheitrechten Gewölbe, dem „Spiegel". Der Spiegel ist von jeher gern zur Anbringung von grösseren Gemälden benutzt worden, woraus die häufige Ausführung dieser Gewölbeart im Mittelalter sich erklärt. Das untere Klostergewölbe, die grosse Hohlkehle oder Voute, und der Spiegel sind dann gewöhnlich durch einen mehr oder weniger reich gegliederten Rahmen getrennt und, während der untere Theil mit zu den Mauern parallelen Fugen, natürlich mit möglichst weit ausgekragten Widerlagern gewölbt wird, erfolgt die Einwölbung des Spiegels am besten auf Schwalbenschwanz mit mindestens $^1/_{36}$ der Diagonale als Stich, so dass man das Ganze als einen sehr flachen Korbbogen, den Spiegel für sich als fast wagrechtes Klostergewölbe konstruiren kann, Fig. 389a und b. Die Einwölbung muss mit sehr gutem Material und höchst sorgfältig auf vollständiger Einschalung erfolgen. Die Breite des Spiegels wird nicht gern über 3,5 m gewählt. Derselbe kann schliesslich mit Gipsmörtel wagrecht geputzt

*) Vergl. im übrigen die zahlreichen Mittheilungen über scheitrechte Decken in Ziegeln mit und ohne Eiseneinlage in der Dtsch. Bztg. 1894 S. 328 Belastungsproben mit Kleine'schen Decken; S. 253 Amerikanische Decken; 1899 S. 127 Vorrichtung zum Einwölben mit Formsteinen und Nuth zu Eiseneinlagen; 1900 S. 69 und 96 Hohlsteindecken von Donath; 1901 S. 291 Decken von Ackermann.

werden, obgleich das unnöthig ist, weil man die geringe Wölbung von unten kaum erkennen kann. Im Grundriss werden die Spiegelgewölbe durch Einzeichnung der Kehllinien und des Spiegels bezeichnet, Fig. 389b links. Hübsche derartige Spiegelgewölbe befinden sich in den Kapellen der Schlösser von Chantilly und Ecouen, Fig. 389c und d. (S. Encyclopédie d'Arch. 1886/87.) Die Ecken einer Schmalseite des Raumes sind abgestumpft, daher die eigenthümliche Gestaltung der Decke. Die Einwölbungsweise in Haustein geht aus dem Grundriss deutlich hervor. Für Decken grosser Räume, Säle, Treppenhäuser usw., wählt man sehr häufig diese Wölbungsart, so dass die grosse Hohlkehle ringsum von Stichkappen durchbrochen ist und zum Tragen ein Eisengerüst zuhilfe genommen wird. Häufig bleibt auch der Spiegel ganz fort und wird durch ein Oberlicht ersetzt. In Fig. 390a und b umrahmen die Träger *a* das Oberlicht, werden ihrerseits aber durch die mit denselben vernieteten, konsolartigen **I**-Träger getragen. Diese sind in der bekannten Weise mit dem Mauerwerk, oder, wenn eine genügende Belastung fehlen sollte, wie die Steingesimse nach unten zu verankern. Am Hauptträger kann, wie hier angedeutet, entweder ein massives Gesims, ein solches

Fig. 390a u. b.

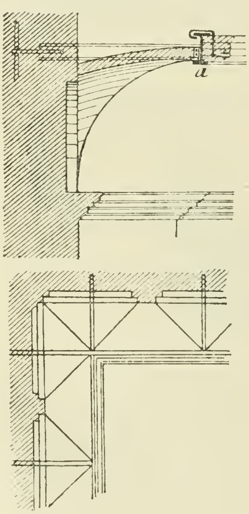


Fig. 391a u. b.

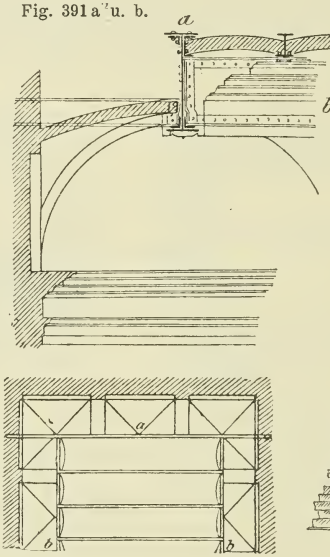


Fig. 392a u. b.

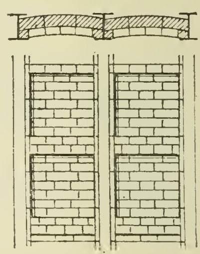
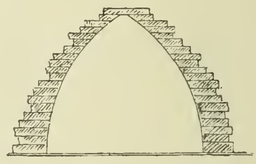


Fig. 393.



aus Rabitzputz (s. Haupt-Kap. IV. d. Bandes) oder endlich ein geputztes Holzgesims angebracht und der untere Flansch mit Stuck verdeckt werden.

Soll der Spiegel eingewölbt werden, so geschieht das am besten mittels einer der vorher beschriebenen flachen Decken oder mittels ganz flacher preussischer Kappen zwischen **I**-Trägern, Fig. 391a und b, welche auf den Trägern *b* ruhen und mit diesen durch Schrauben verbunden sind. Die Träger *b* sind mit dem in der Figur mit *a* bezeichneten Hauptträger fest vernietet und beide durch Konsolträger, wie in Fig. 390 angegeben, unterstützt, welche innerhalb der Gurte liegen müssen. Das Gesims des Spiegels und dieser selbst können wieder mithilfe von Rabitzputz, oder durch Anbringung hölzerner Bohlenknaggen und Bekleidung derselben mit Holzspliessen und Putz gebildet und gegliedert werden.

Soll der Spiegel oder auch ein scheitrechtes Gewölbe kassettirt erscheinen, so sind nach Fig. 392 die Kappen mit zu den Trägern senkrechter Fugenrichtung einzuwölben, und es ist der Kasetten-Balken durch tiefer herab reichende Steinschichten zu bilden. Die Gliederungen werden später in Stuck angesetzt. In dieser Weise ist z. B. die Vorhallen-Decke in der früheren Bauakademie zu

Berlin hergestellt. Soll der Spiegel ganz flach und eben geputzt werden, so eignet sich, wie vorher erwähnt, zur Einwölbung das Kleine'sche Verfahren, die Ausführung einer Zement- oder Gipsbetondecke oder schliesslich eines Rabitzputzes, welcher den ganzen Spiegel gleichmässig bedeckt.

ε. Das Kuppelgewölbe.

1. Allgemeines.

Die ältesten Kuppeln wurden durch Ueberkragung wagrechter, ringförmig verlegter Steinschichten in Spitzbogenform hergestellt, wie das bekannte Schatz-

Fig. 394a u. b.

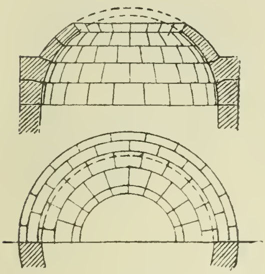


Fig. 396a, b u. c.

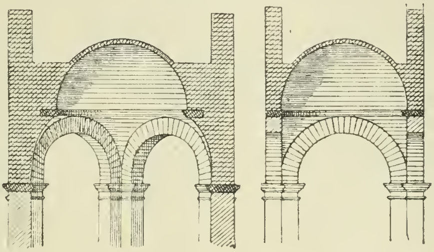


Fig. 395a u. b.

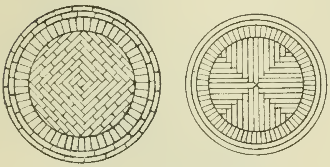
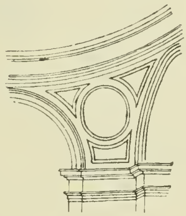
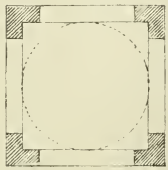


Fig. 397a u. b.





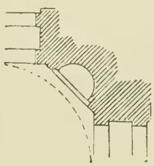
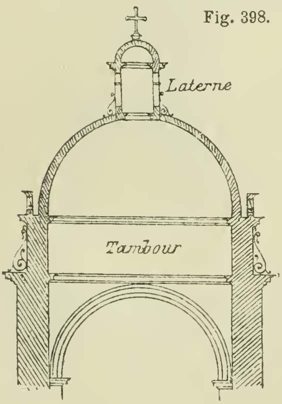


Fig. 398.



haus des Atreus, Fig. 393; später konstruirte man sie mit Keilsteinen über kreisrunden Räumen, deren Mauern ringsum Widerlager sind. Sämmtliche Lagerfugen haben hierbei die Richtung nach dem Mittelpunkte der Kuppel, während die Stossfugen Theile von ebenfalls durch diesen Punkt gehenden Ebenen (Meridianen) sind, Fig. 394a und b. Die Kuppeln haben meist die Form von Halbkugeln, aber auch die des Ellipsoids und die Spitzbogenform. Die grösseren erhalten im Scheitel gewöhnlich statt der Schlussringe eine Lichtöffnung, deren Kranz von Haustein, oder auch durch Wölbung eines stärkeren Gurtes aus Ziegeln hergestellt wird. Soll bei Backsteinkuppeln keine solche Lichtöffnung angelegt werden, so ist man, weil die Mauerringe endlich so klein werden, dass man sie weder mit ganzen noch mit halben Steinen ausführen kann, gezwungen, eine Rollschicht als Gurt einzulegen und den Schluss auf Schwalbenschwanz zu wölben, wie in Fig. 395a oder besser in 395b. Ist der senkrechte Kuppeldurchschnitt kein Halbkreis, sondern nur ein Kreissegment, so erhält man eine Flachkuppel.

Kuppeln kann man über beliebigem Grundriss, über kreisförmigem, elliptischem usw. konstruiren; liegt ein quadratischer oder vielseitiger Raum vor, so bedarf man zum Uebergange in die Rundung der Kuppel der sogen. Pendentifs oder Gewölbezwickel, Fig. 396a, b und c; eine Hintermauerung der Pendentifs sowohl, als der Kuppel darf dabei nicht fehlen. Ob die Pendentifs, wie in Fig. 396, unten in einer Spitze endigen, oder eine breitere Grundlage, wie in Fig. 397a und b, erhalten, hängt allein von der architektonischen Ausbildung des Grundrisses ab. Bei Kuppeln über einem sechs- oder achtseitigen Raume haben die Pendentifs nur ganz geringe Ausladung. Häufig finden wir zwischen der Kuppel und den Pendentifs einen senkrechten, runden oder vielseitigen, zylindrischen Mauerkörper eingeschoben, den sog. Tambour, welcher gewöhnlich mit Fenstern zur Erleuchtung der Kuppel durchbrochen ist. Soll diese selbst Fenster erhalten, so sind Stichkappen nothwendig (s. Fig. 403, S. 144). Am günstigsten ist die Kegelform mit nach dem Kugelmittelpunkte gerichteten Axen. Da die Kuppel im Scheitel gewöhnlich offen bleibt, so wird häufig auf den Schlussring noch eine zylindrische, durchbrochene Mauer gesetzt und diese wiederum mit einer kleinen Kuppel oder einem Kegel geschlossen. Diesen Aufsatz bezeichnet man als Laterne. Tambour und Laterne sind in Fig. 398 dargestellt. — Kuppeln werden im Grundriss durch Einzeichnung des in den betr. Raum eingeschriebenen Kreises bezeichnet.

Fig. 399.

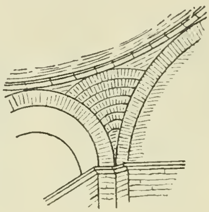


Fig. 400.

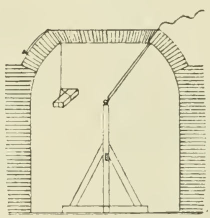


Fig. 401a u. b.

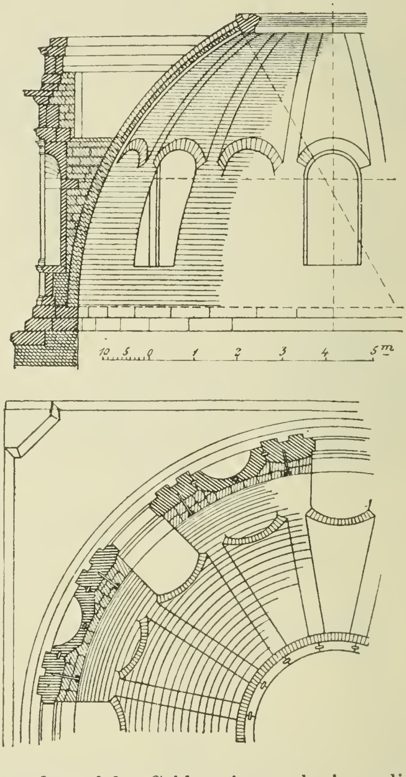
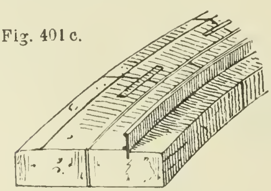


Fig. 401c.



2. Stärke der Kuppeln und ihrer Widerlager.

Kuppeln aus Ziegelstein erhalten:

bei der Spannweite bis	4 m:	$1/2$ Stein am Scheitel und	$1/2$ Stein am Kämpfer;
„ „ „ „	6 „	$1/2$ „ „ „ „	1 „ „ „
„ „ „ „	8 „	1 „ „ „ „	$1^1/2$ „ „ „
„ „ „ „	10 „	1 „ „ „ „	2 „ „ „

Die Widerlager sollen, nach Rondelet, halb so stark wie die des Tonnengewölbes derselben Spannweite oder gleich $1/8$ des Durchmessers sein.

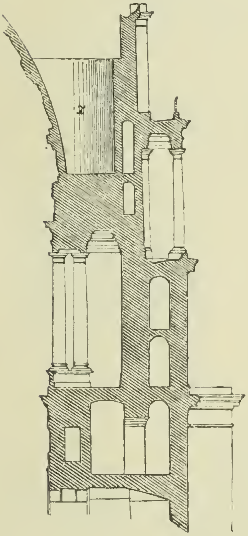
3. Konstruktion und Ausführung der Kuppeln.

Alle Stossfugen der Kuppel sowohl, als der Pendentifs sind Meridianschnitte, also Theile einer Ebene, welche durch die senkrechte Axe des Gewölbes gelegt ist, dagegen alle Lagerfugen Theile von Kegelflächen, welche ihre Spitze im Mittelpunkte und ihre Axe mit der der Umdrehungsfläche gemeinsam haben. Daraus folgt, dass Kuppeln und Pendentifs mit konzentrischen Kreisen eingewölbt werden, letztere aus früher angeführten Gründen so weit wagrecht, als es irgend möglich ist. Die Herstellung der Pendentifs aus einzelnen Gewölbebögen, Fig. 399, (wie bei der Markuskirche in Venedig) hat keinen Zweck und kann nur schädlich wirken. — Die Ausführung in Haustein soll hier, als zu einfach, übergangen werden; Schwierigkeiten dabei bereitet allein der Steinschnitt.

Infolge der zentralen Richtung aller Fugen ist es möglich, kleinere Kuppeln ohne Rüstung dadurch einzuwölben, dass man den Mittelpunkt auf einer Bockrüstung in Gestalt einer eisernen Oese oder eines ebensolchen Gelenkes herstellt und daran eine Latte von der Länge des Halbmessers, eine „Leier“, Fig. 400, befestigt. Der Maurer schiebt die Steine bis an die Lattenspitze, um die innere Kugelfläche genau herzustellen. Damit die dem Scheitel näher liegenden Steine nicht aus dem Mörtelbett heraus gleiten, kneift man sie mittels eines starken Fadens fest, welcher auf dem Gewölberücken um einen Nagel gewickelt und durch einen am anderen Ende in den Gewölberaum hinein hängenden Mauerstein angespannt ist, Fig. 400. Ist der Ring oder die Schicht erst geschlossen, so kann nie ein Stein herausrutschen, weil, wie vorher bemerkt, jeder solcher Ring ein Stück eines Kegels mit nach dem Kugelmittelpunkt gerichteter Spitze bildet, also eigentlich einen nach unten gerichteten Keil.

Fig. 402 a u. b.





Bei grösseren Kuppeln kommt man mit einer solchen Leier nicht aus; man muss dann einen um eine Axe drehbaren Lehrbogen konstruiren oder zur Aufstellung von radial gerichteten Lehrbögen mit vollständiger Einschalung schreiten, wie das bei Kuppeln von Werk- und Bruchstein stets geschieht. Ein einfaches und gutes Beispiel giebt die Kuppel über der Vorhalle des Vierort-Bades zu Karlsruhe von Durm, Fig. 401 a und b, welches zugleich die äussere Werksteinarchitektur verdeutlicht. Die Gewölbestärke beträgt unten 1 Stein, oben $^1/_2$ Stein mit Verstärkungsgurten, zwischen welche sich die Mauerbögen der Fensteröffnungen spannen; bis dahin reicht die Bruchstein-Hintermauerung. Um den Gewölbeschub aufzuheben, ist in den das Widerlager bildenden Kranz von Sandsteinplatten ein schmiedeeiserner, gut mit Blei vergossener Ring eingelassen, gegen welchen sich der Gewölbefuss stützt, Fig. 401 c.

Bei grossen Kuppeln würde die volle Hintermauerung des Gewölbes auf $^1/_2$—$^2/_3$ der Stichhöhe das darunter liegende Mauerwerk in erheblicher Weise belasten. Es werden deshalb statt dieser vollständigen Hintermauerung hier nur sogen. Sporen (x in Fig. 402 a und b) angeordnet, wodurch das Gewicht der Kuppel so weit zu ermässigen ist, dass in den Umfassungsmauern zur Ersparniss an Mauerwerk Hohlräume angelegt werden können. Vergl. den Schnitt der Befreiungshalle bei Kehlheim, Fig. 402 a und b.

Runde Stichkappen zur Erleuchtung der Kuppel, sogen. Ochsenaugen, konstruirt man am einfachsten so, das man elliptische Kegel mit kreisrundem Vertikalschnitt mit ihren Axen durch den Kugelmittelpunkt legt. Alle lothrechten Schnittebenen, Fig. 403, durch die Kuppel 0—7 bilden mit derselben Parallel-

kreise mit den Mittelpunkten 0—7 und den Halbmessern 1,1′, 2,2′ usw., mit dem Kegel ebenfalls Kreise mit den Mittelpunkten I, II—VII und den Halbmessern I,I″, II,II″ usw. Die Durchdringungs-Kurve findet man, indem man um 0 mit den Halbmessern 1,1′, 2,2′ usw. Parallelkreise schlägt, die Mittelpunkte der Kegelkreise I, II, III usw. auf die Lothrechte *o p* herüber projizirt und aus den Punkten I′, II′ usw. Kreisbögen mit den dazu gehörigen Halbmessern I, I″, II, II″ usw. schlägt, welche erstere Kreise in Punkten schneiden, die miteinander verbunden, die gesuchte Kurve liefern. Durch diese Punkte gezogene Wagrechte schneiden die Lothrechten 6,6′, 5,5′, 4,4′ und diese Schnittpunkte wider geben die Stichkappen-Kurve im Durchschnitt. Die Darstellung einer solchen Stichkappe im Grundriss macht keine Schwierigkeiten, ebensowenig die Herstellung der Ansicht der unter 45⁰ gelegenen, welche sich leicht mithilfe des Grundrisses finden lässt.

Noch einfacher ist die Lösung der Aufgabe, Kuppelfenster zu konstruiren, deren Stichkappen Theile von Kegeln mit w a g r e c h t liegender Axe sind.

Fig. 404 a u. b.

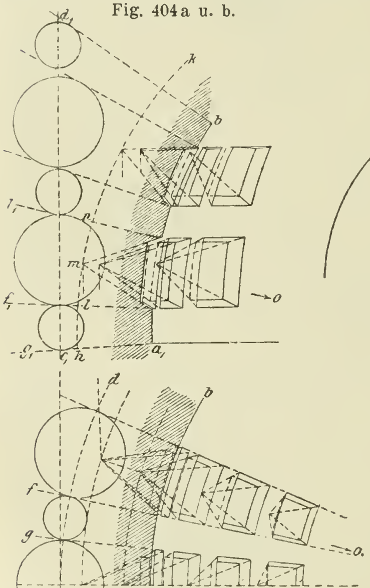


Fig. 403.

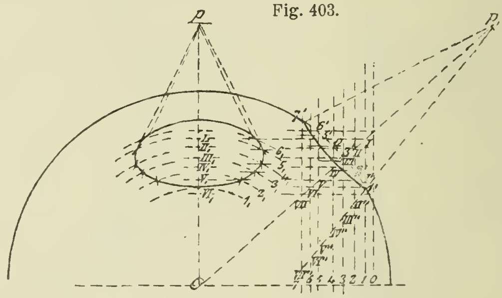


Fig. 405.

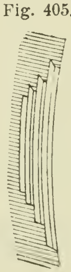
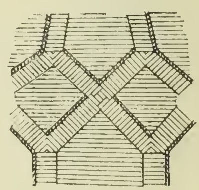


Fig. 406.



Häufig werden die Kuppeln im Inneren mit Kassetten verziert; schon das Pantheon in Rom zeigt Kassettirung. Die Anordnung der Kassetten kann auf folgende einfache Weise nach der Emy'schen Methode getroffen werden: einen ausserhalb der Kämpferlinie *a b*, Fig. 404b, liegenden Kreis *c d* theilt man in so viele Theile, als man Kassetten haben will, und dann einen solchen Theil *e f* im Verhältniss der Kassette zum Steg *e g* und *f g*. Im Durchschnitt, Fig. 404 a, trägt man darauf in der Entfernung *c a* die Linie $c_1 d_1$ und mit dem Mittelpunkt in ihr, und tangential zu der Wagrechten durch den Mittelpunkt der Kugel, den ersten Kreis $f_1 g_1$ auf; die Tangenten durch den Kuppelmittelpunkt *o* geben die erste Rippe. Tangential ferner zu $f_1 o$, und mit dem Mittelpunkt wieder in $c_1 d_1$, wird der grössere Kreis $l_1 f_1$ gelegt; die Tangente l_1 *o* giebt die Kassette usw. Um diese Kassetten nun verhältnissmässig zu machen, muss man sich über ihnen Pyramiden von gleichen Höhenverhältnissen gezeichnet denken, deren Spitzen sämmtlich in einem Kreisbogen *h k* liegen, und zwar stets in der Mitte des Bogentheils, also z. B. in *m* des Bogens *l n*. Nach der Höhe der Pyramide ist auch deren Tiefe im Verhältniss zu gestalten. Durch Projektion erhält man

die Kassettentheilungen im Grundriss. Im Pantheon ist die Konstruktion der Kassetten mit grosser Ueberlegung erfolgt, Fig. 405, um dieselben von einem Punkte des Raumes aus alle gleichmässig sehen zu können.

Sollen die Kassetten nicht eine annähernd quadratische Form, also wagrechte und radiale Gurte, erhalten, wobei die Einwölbung genau wie bei kassettirten Tonnengewölben erfolgt, sondern dreieckige und vielseitige Formen, so bleibt nichts übrig, als sich ein zwischen zwei Meridianen der Kuppel liegendes Kassettenfeld abzuwickeln und darin die Zeichnung auszuführen. Wie dabei mit der Einwölbung selbst verfahren wird, zeigt z. B. Fig. 406.

Fig. 407.

Fig. 408.

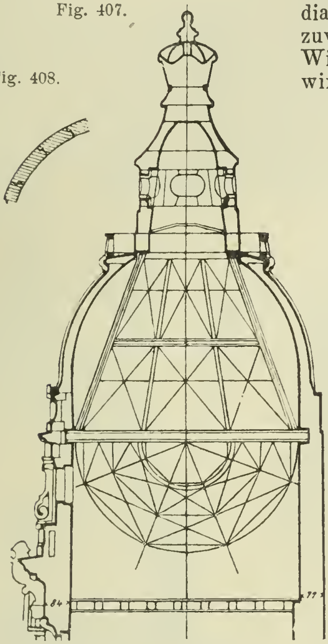


Fig. 409 a.

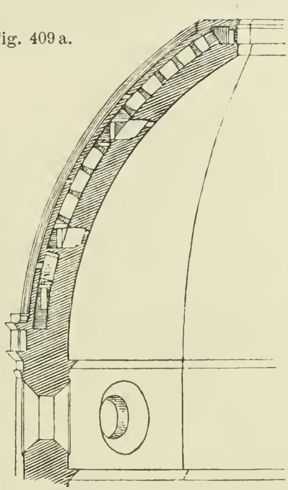
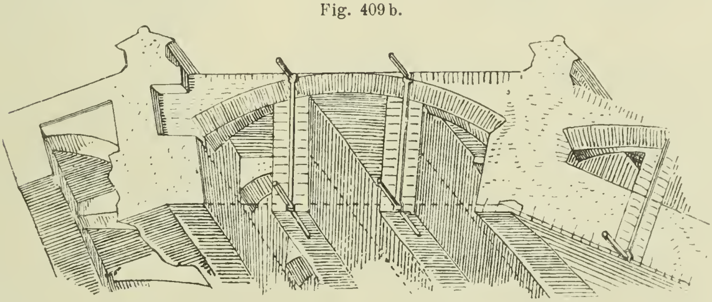


Fig. 409 b.



4. Konstruktion und Ausführung der äusseren und inneren Doppelkuppeln.

Die bis jetzt behandelten Kuppeln waren innere Kuppeln, welche des Schutzes gegen Witterungseinflüsse entbehren. Allerdings wurden die einfachen römischen und byzantinischen Kuppeln im Aeusseren meist mit Blei, das unmittelbar auf der Wölbung liegt, abgedeckt, während wir von der Renaissance-Zeit an hölzerne oder steinerne äussere Schutzkuppeln, in neuester Zeit eiserne hergestellt sehen.

Eine einfache äussere Kuppel zeigt Fig. 407 (Kaiser Wilhelmstrasse in Berlin) deren verhältnissmässig sehr schwere Laterne durch eine Eisenkonstruktion gestützt ist, welche erlaubte, die Kuppel wesentlich leichter und, des verminderten Seitenschubes wegen, die Umfassungsmauern erheblich schwächer zu gestalten. Derartige äussere Hausteinkuppeln werden entweder so, wie die inneren, mit radial gerichteten Fugen oder mit Ueberfalzung derselben, Fig. 408, konstruirt, um das Eindringen der Feuchtigkeit möglichst zu verhüten; die Verwendung von Dübeln und Klammern dabei ist selbstverständlich.

Ein hervorragendes Beispiel einer 8 seitigen Doppelkuppel ist die von Brunellesco erbaute des Domes von Florenz, welche ein 8 seitiges, regelmässiges, stark überhöhtes und nach einem Spitzbogen geformtes Klostergewölbe von 42,6 m Spannweite und 31,5 m Höhe bis zur Oeffnung der Laterne bildet. Die beiden Kuppelschalen trennen sich 2,6 m über dem Kämpfer, wobei die äussere Kuppel, bei der Stärke von 0,85 m, sich nur wenig gegen den Scheitel hin verjüngt, die innnere die Stärke von 2,15 m bis oben hin beibehält. Der Zwischenraum ist 1,50 m weit. Acht in den Ecken liegende und 16 Zwischensporen verbinden beide Gewölbe zu einem sich verspannenden Ganzen, Fig. 409 a. Die ersteren schliessen sich oben an einen starken Kranz an, der die Laterne trägt; die anderen hören dagegen schon früher auf und sind mit den Ecksporen durch je neun Strebebögen, Fig. 409 b, verspannt. Die äussere Kuppel ist mit Plattenziegeln in Puzzolanmörtel abgedeckt.

Fig. 410 b.

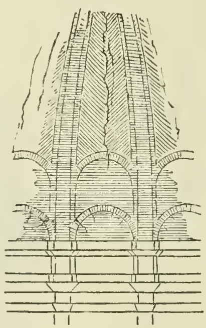
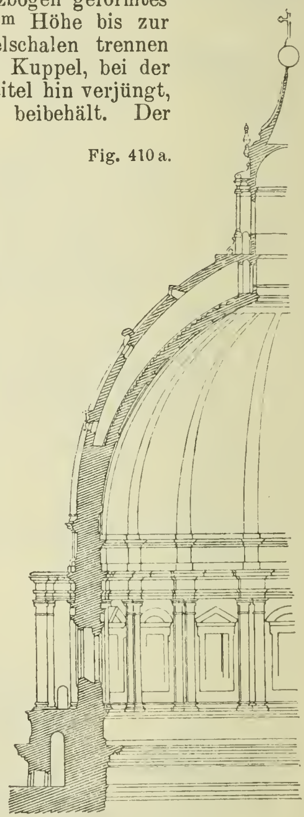


Fig. 410 a.



Die Kuppel der Peterskirche in Rom, Fig. 410 a, ist eine Doppelkuppel elliptischer Form mit Kreisgrundriss, der Spannweite von 42,52 m und einer Höhe vom Kämpfer bis zum Scheitel von 29 m. Das Widerlager der Kuppel liegt etwa 6,5 m tiefer als der Anfang des Bogenprofils. Ueber der äusseren Attika beginnt die Kuppel bis zu $^1/_4$ ihrer Höhe als volle, aus Ziegeln hergestellte Masse; von da an theilt sie sich mit einem Zwischenraum von 1 m in eine innere und äussere (Schutz-) Kuppel, welche bis zur Laterne sich bis auf etwa 5 m von der inneren Kuppel entfernt. Aus dem Massivbau sind 16 Rippen, die sich in der Breite nach oben hin verjüngen, in der Höhe aber um $^1/_3$ der Stärke verdicken, gegen den die Laterne tragenden Scheitelring empor geführt. Zwischen diesen 16 Rippen verspannen sich die sich nach oben nur wenig verjüngenden und in Ziegeln, angeblich schwalbenschwanzförmig ausgeführten Gewölbeschalen, welche jetzt, möglicherweise wegen dieser Wölbungsart, der Länge nach Risse zeigen, die bei ringförmiger Einwölbung wahrscheinlich nicht entstanden wären, Fig. 410 b. Die Schutzkuppel ist mit Blei abgedeckt. (Näheres s. in Zeitschr. f. Bauw. Jahrg. 1887.)

5. Die Hängekuppel, Stutzkuppel oder das Kugelgewölbe und die Flachkuppel.

Eine Hängekuppel oder ein Kugelgewölbe entsteht, wenn man sich durch die Ecken eines quadratischen Raumes einen Kreis und darüber eine Halbkugel gelegt

denkt, so dass vier Segmente dieses Kreises durch die Seiten des Quadrats *a b c d* abgeschnitten werden, Fig. 411 b. In den meisten Fällen wird die Konstruktionshöhe durch die Geschosshöhe des Gebäudes vorgeschrieben sein und deshalb muss man bei Konstruktion des Gewölbes über quadratischem Raume folgendermaassen verfahren: um den Mittelpunkt *o* im Durchschnitt, Fig. 411 a, zu finden, steche man die Fussbodendicke des darüber liegenden Raumes (also bei Steinfussboden gewöhnlich 4—5 cm, mit Unterpflaster 11—12 cm, bei Holzfussboden mit Lagerhölzern 14—16 cm, bei Parkett etwas mehr) zuzüglich der Gewölbestärke von der Oberkante Fussboden nach unten ab und trage nun den Halbmesser des dem Raume umschriebenen Kreises an. Aus dem End- und Mittelpunkte *o* konstruire man mit *r* den Scheitelschnitt des Gewölbes, verbinde die Kämpferpunkte und lege tangential an diese Linie den Stirnbogen, da bei einem quadratischen Raume und solchem Kugelgewölbe die Punkte *m n p q* in einer Wagrechten liegen müssen. Dem Gewölbe bezw. den Gurtbögen giebt man eine Ueberhöhung *x*, weil sonst infolge der Ausladung der Kapitäle die Bögen, von unten gesehen, nicht den Eindruck voller Halbkreise machen würden.

Fig. 411 a u. b.

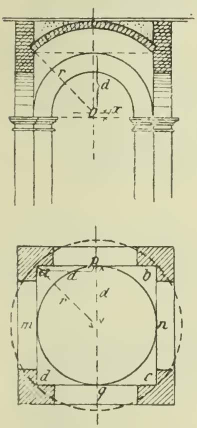


Fig. 412 a, b, c.

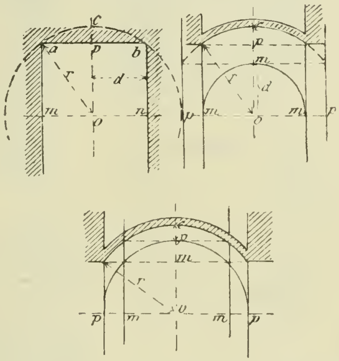


Fig. 413 a u. b.

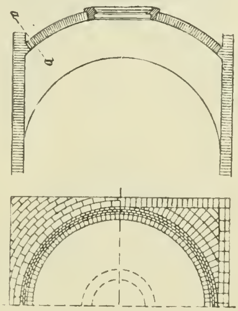


Fig. 414.



Bei einer Hängekuppel über gestrecktem Rechteck werden die Punkte *m n p q* nicht mehr in einer Wagrechten liegen, Fig. 412 a, b, c. Man hat im Querschnitt wieder den Mittelpunkt *o*, wie vor, zu ermitteln und mit *r* einen Kreisbogen zu schlagen, welcher den Scheitelschnitt des Gewölbes ergiebt. Schneidet man von der Verlängerung des Bogens die Strecken *o p* nach rechts und links ab, verbindet die dadurch erhaltenen Kämpferpunkte und legt an die Verbindungslinie tangential wieder einen Halbkreis mit dem Halbmesser *d*, so hat man den Stirnbogen gefunden, dessen Scheitel *m* erheblich tiefer liegen muss, als der des Stirnbogens über der Seite *a m* des Grundrisses. Solche Hängekuppeln werden sich, des tiefen Herabgreifens der Kämpferpunkte wegen, immer nur bei sehr hohen, gestreckten Räumen ausführen lassen. — Dass Hängekuppeln auch über 6- oder 8eckigen Räumen ausführbar sind, ist selbstverständlich.

Sehr vortheilhaft ist es wieder, die Gewölbezwickel so weit als möglich auszukragen, Fig. 413 a und b. Denn da diese das Bestreben haben, in den Raum hinein zu fallen, was durch den Gewölbeschub verhindert wird, heben sich beide Kräfte zumtheil gegenseitig auf und es ist deshalb möglich, die Widerlager schwächer auszuführen. Die Einwölbung erfolgt mit kreisrunden Schichten, manchmal aber auch schwalbenschwanzförmig aus den Ecken heraus, obgleich das schwieriger ist, weil alle Schichten dabei nach einer Kurve gebogen, also nicht mehr wagrecht sind.

Der Hausteinkranz (Nabel) bei Scheitelöffnungen erhält meist einen Falz zum Auflager auf dem letzten Ziegelsteinring, Fig. 414, was wenigstens das Versetzen der Werkstücke erleichtert.

Die Hängekuppel über quadratischem Raum hat viel Aehnlichkeit mit der früher erwähnten Flachkuppel, kann auch zu einer solchen werden, sobald man zur Trennung der Kalotte von den Zwickeln ein Gesims einschiebt, Fig. 415, wobei man entweder den Halbmesser für die Kalotte um die Gesimshöhe zu verlängern oder dieselbe aus einem um letztere höher liegenden Mittelpunkte, als dem der Pendentifs, zu konstruiren hat. In diesem Falle wird man ein Lehrgerüst, bestehend aus zwei Diagonal- und zwei Zwischenbögen aufstellen müssen; doch ist das keineswegs dringend nothwendig, da auch eine Leier genügt, die man nach Fertigstellung der Zwickel für Einwölbung der Kalotte um die Gesimshöhe höher stellen muss.

Fig. 415.

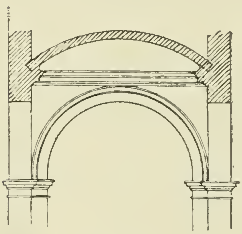


Fig. 417 a u. b.

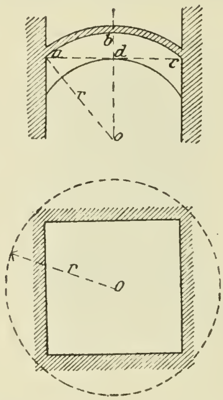


Fig. 418 a—c.

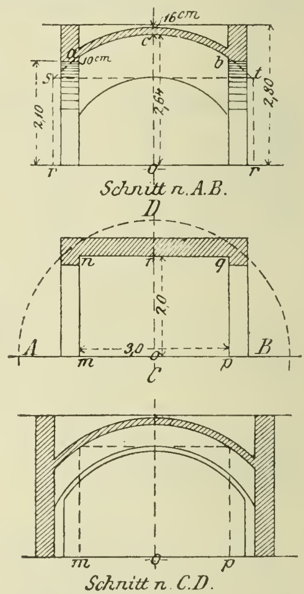


Fig. 416.

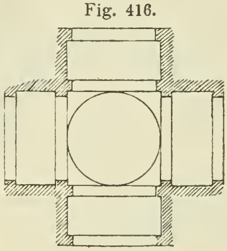
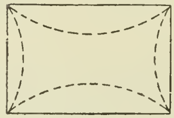


Fig. 419.



Flachkuppeln lassen sich durch Stuck und Malerei sehr gut verzieren und, wie schon früher bemerkt, mit dem Tonnengewölbe vereinigen, Fig. 416, sind auch sonst so praktisch, dass sie fast ebenso häufig wie Kreuzgewölbe angewendet werden.

ζ. Das böhmische Gewölbe oder die böhmische Kappe.

1. Die eigentliche böhmische Kappe.

Während bei der Hängekuppel der grösste Kugelkreis durch die Ecken des zu überwölbenden Raumes geht, liegt bei der eigentlichen böhmischen Kappe jener ganz ausserhalb des letzteren, so dass bei diesem Gewölbe die Stirnbögen keine Halbkreise, sondern Segmentbögen werden. Der Halbmesser jenes ausserhalb des Raumes liegenden Kreises wird den örtlichen Verhältnissen entsprechend bestimmt, da man nur selten die Höhenlage und den Stich des Gewölbes beliebig wird annehmen können. Durch Bestimmung der Grösse des Halbmessers und der Lage des Mittelpunktes sind der Scheitel und die Kämpferpunkte des Gewölbes, also drei Punkte, *a b c*, gegeben, durch welche man einen Kreisbogen legen kann. Ist der Raum quadratisch, so hat man im Schnitt durch die Mitte, wie bei der Stutzkuppel, nur tangential an die Linie *a c* mit dem Mittelpunkt *o*, Fig. 417 a u. b,

und dem Halbmesser *o d* einen Kreisbogen zu schlagen, womit die Konstruktion vollendet ist. Ebenso einfach findet man die Diagonalbögen.

Als Beispiel einer böhmischen Kappe über einem gestreckten, rechteckigen Raume sei folgende Aufgabe gelöst: gegeben sei ein Raum von 4 m Länge, 3 m Breite und 2,8 m Höhe. Das Gewölbe ist so anzuordnen, dass die Gurtbögen an den langen Seiten eine Scheitelhöhe von 2,1 m erhalten. Da der Kämpfer des Gewölbes 10 cm über der inneren Laibung der Gurtbögen liegen muss, sind drei Punkte *a*, *b*, *c* (Lage des Punktes *c* nach den Angaben auf S. 147) der Wölblinie, Fig. 418a, gegeben, durch welche ein Kreisbogen gelegt werden kann, dessen Mittelpunkt in *o* gefunden wird. *o c* ist der Halbmesser der Halbkugel, aus der das Gewölbe herausgeschnitten ist. Um den Stirnbogen zu zeichnen, verlängere man den Kreisbogen *a c b* über *a* und *b* hinaus, schneide die Längen *o r*, Fig. 418b, von der Mittellinie aus nach beiden Seiten hin ab, verbinde die beiden Endpunkte *s* und *t* mit einander und lege an die Verbindungslinie wieder tangential den Stirnbogen.

Fig. 418c zeigt die Ermittelung des Längsschnitts und des Gurtbogens in der bekannten Weise. Die Halbmesser der Stirnbögen können übrigens auch aus dem Grundriss in einfacher Weise dadurch ermittelt werden, dass man die Seiten des Rechtecks bis zum Halbkugelkreise verlängert und lothrechte Ebenen hindurchgelegt denkt. Die Schnitte dieser Ebenen mit dem Halbkugelmantel sind Halbkreise und deren Halbmesser die Halbmesser der Stirnbögen aus dem Mittelpunkte *o*.

Fig. 420b.

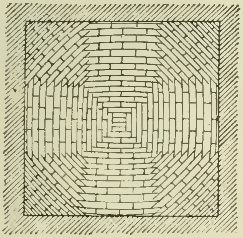


Fig. 420a.

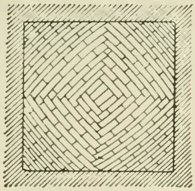


Fig. 420c.

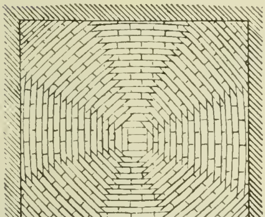


Fig. 421a.

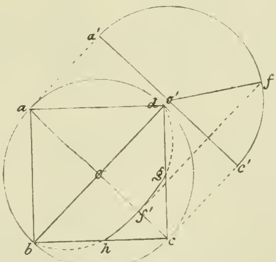
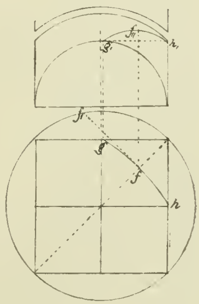


Fig. 421b.



Im Grundriss bezeichnet man die böhmische Kappe durch Einpunktiren der umgeklappten Stirnbögen, Fig. 419. Die Einwölbung derselben kann, wie die der Hängekuppeln, mit kreisförmigen Schichten erfolgen, wird aber zumeist auf Schwalbenschwanz, Fig. 420a, so ausgeführt, dass die Ziegelschichten segmentförmig aus den Ecken nach der Gewölbemitte ansteigen. Bei Gewölben von grösseren Spannweiten sucht man dabei längere Schichten zu vermeiden, weil die Einwölbung ohne Einschalung, nur mit Aufstellung der Stirn-, Diagonal- und Axbögen, freihändig erfolgt und deshalb die Steine bei diesen flachen Gewölben leicht herab fallen. Man wölbt, nach Fig. 420b und c, aus den Ecken heraus schwalbenschwanzförmig, sonst aber auf Kuff ein. Um die Fugenrichtung bei Wölbung auf Schwalbenschwanz im Grundriss und Querschnitt festzustellen, denken wir uns z. B. den grössten Kugelkreis im Grundriss, Fig. 421a, durch die

Ecken eines quadratischen Raumes *a b c d* gelegt und den Diagonalbogen *a' f c'* in Steinstärken eingetheilt, so dass *f* eine Fuge darstellt. In der Richtung *o' f* haben wir nunmehr einen Halbkugelschnitt, dessen Kreis, in den Grundriss projizirt (*b h f' g d*), in dem Bogen *h f' g* die gesuchte Fuge ergiebt. Die Punkte *g* und *h* müssen bei einem quadratischen Raume gleich hoch liegen; sie sind durch Herauflothen im Querschnitt sofort zu finden. Die Höhenlage des Punktes *f*, wie jedes anderen Punktes der Fuge, wird durch Projektion nach *f'* in dem umgeklappten Diagonalkreise, Fig. 421 b, bestimmt.

Sehr einfach ist auch die Konstruktion einer böhmischen Kappe über einem Vieleck, z. B. Achteck, Fig. 422 a u. b. Der Scheitelbogen *b g* ergiebt sich durch Verlängerung der Seiten *c d* und *e f*, bis sie den umschriebenen Kugelkreis in *b* und *g* schneiden, der Stirnbogen *h k*, indem man über *a b* usw. einen Halbkreis schlägt und die Seite *c d* auf demselben abschneidet. Die Einwölbung erfolgt auf Kuff oder besser Schwalbenschwanz, wobei hauptsächlich die Anordnung der letzten Schichten am Scheitel zu beachten ist.

Soll eine böhmische Kappe über einem unregelmässigen Vierseit eingewölbt werden, so hat man zunächst den Schwerpunkt desselben zu ermitteln und diesen mit dem Mittelpunkt der Halbkugel zu vereinigen, Fig. 423. Durch die Seiten *a b*, *b c* usw. gelegte senkrechte Ebenen schneiden jene Halbkugel in Halbkreisen, von denen die in *a*, *b*, *c*, *d* errichteten Senkrechten die Stirnbögen *a' f b'*, *b' g c*, *c h d'* und *a, k d,*, abtrennen.

Fig. 422 a u. b.

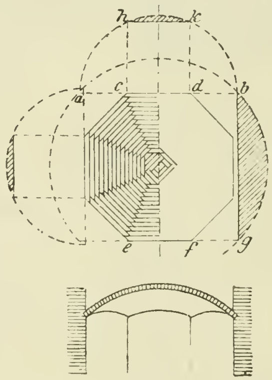
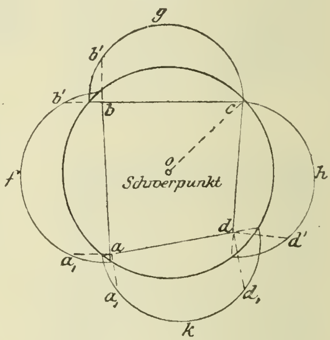


Fig. 423.



Ueber die steigenden böhmischen Kappen bei Treppenanlagen soll erst weiterhin die Rede sein.

Ueber 6—7 m weit pflegt man böhmische Kappen nicht gern zu spannen, doch hängt das von der Pfeilhöhe ab. Bis 5 m Spannweite erhalten sie durchgängig $\frac{1}{2}$ Stein Stärke und bis 7 m $\frac{1}{2}$ Stein Stärke im Scheitel und 1 Stein am Widerlager, wobei natürlich wieder Hintermauerung vorausgesetzt ist. Die Pfeilhöhe beträgt gewöhnlich $\frac{1}{10}$—$\frac{1}{6}$ der Spannweite, die Widerlagsstärke $\frac{1}{5}$—$\frac{1}{4}$ derselben, bei 2 m Spannweite jedoch nicht unter $2\frac{1}{2}$ Stein.

2. Die böhmische Kappe im weiteren Sinne.

Unter dem Namen der böhmischen Kappe wird eine ganze Anzahl anderer Einwölbungsarten verstanden, welche allerdings mit böhmischen Kappen Aehnlichkeit haben, aber nach den verschiedenartigsten Bogenlinien gebildet sind, und ebenso als Hängekuppeln bezeichnet werden könnten, wenn die Stirnbögen lothrecht aus den Kämpfern aufsteigen. So kommt z. B. oft das Rotations-Ellipsoid oder eine durch Rotation eines Korbbogens entstandene sphärische Fläche vor, bei welcher alle senkrechten Schnitte parallel zur kleinen Axe des Grundbogens einen Kreisbogen ergeben. Die Stirnbögen über den kurzen Seiten des Raumes sind dabei entweder Halbkreise oder Kreissegmente, je nachdem die Ecken desselben im Grundriss in oder innerhalb der Ellipse oder des Kreisbogens liegen. In Fig. 424 a, b, c geht die Ellipse durch die Ecken des Raumes; es ist also der Halbm. des Stirnbogens im Durchschnitt = der halben Seite *a b*. Man theilt die grosse Axe in eine Anzahl gleicher Theile: 1, 2, 3, 4 und denkt durch jeden Theilpunkt Ebenen senkrecht zu jener gelegt. Der mit dem Halbmesser 1 1' im

Querschnitt geschlagene Kreisbogen giebt dort den Schnitt durch den Scheitel des Gewölbes, während der Scheitelbogen im Längsschnitt genau dem Ellipsenschnitt über *b d* im Grundriss entspricht. Die Stichhöhe des Stirnbogens daselbst muss gleich der Senkrechten *b' f'* im Querschnitt sein. Ebenso verfährt man mit den anderen Schnittebenen und findet alle Stichhöhen des Stirnbogens im Längsschnitt durch die betr. Höhen, welche die den Schnittebenen entsprechenden Halbkreise auf der Seite *b' f'* im Querschnitt abschneiden. Der Diagonalbogen lässt sich auf dieselbe einfache Weise darstellen. — Bei Abwechselung von quadratischen und gestreckten rechteckigen Räumen, z. B, in Korridoren, ist, sobald man über ersteren die Flachkuppel anwendet, das ellipsoidische Gewölbe nicht zu vermeiden. Soll auch hierbei zwischen Zwickel- und Kuppelgewölbe ein Gesims (wie in Fig. 415, S. 148) eingeschoben werden, so hat man im Grundriss eine um die Gesimshöhe von der ersten entfernte, konzentrische Ellipse zu legen und aus dieser heraus die Kuppel zu konstruiren oder, einfacher, in den Durchschnitten das Gewölbe in Höhe von *f'* zu durchschneiden und das Gesims zwischen zu schieben. Zur praktischen Ausführung sind ausser Wandbögen auch die beiden Scheitelbögen nach der grossen und kleinen Axe, bei grösseren Gewölben auch die Diagonalbögen nothwendig.

Fig. 424 a, b u. c.

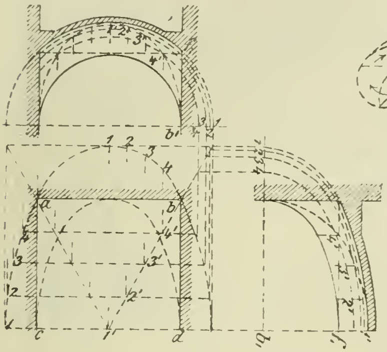


Fig. 426.

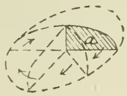
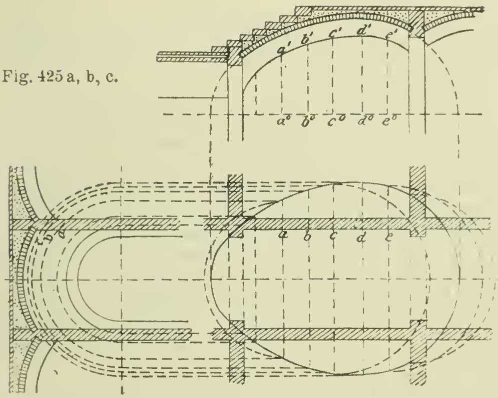


Fig. 425 a, b, c.



Genau wie vor ist die Konstruktion eirunder Gewölbe, deren Kämpfer natürlich nie in gleicher Höhe liegen können, deren Anwendung sich aber für Treppenunterwölbungen häufig als praktisch erweist. Die Konstruktion geht aus Fig. 425 a, b, c, in Verbindung mit dem vorher Gesagten, deutlich hervor.

Oft sind Treppengewölbe von Gurtbögen eingefasst, von denen die an den schmalen Seiten Kreisbögen, die an den langen durch Vergatterung entstandene Ellipsen sind. Es werden diese Kurven von vorn herein gegeben sein und deshalb auch die konzentrischen Stirnbögen des Gewölbes. Ausserdem ist durch Eintragung des Treppenlaufes noch die Scheitelhöhe bekannt. Hiernach wird man das Ellipsoid, die Eiform usw., genau bestimmen können, nach welchem das Treppengewölbe sich in einfacher Weise konstruiren lässt.

Um flache Kappen zu gewinnen, kann man dem Gewölbe einen kreisförmigen Grundriss mit gedrücktem, elliptischen Querschnitt zugrunde legen. Man denke sich, Fig. 426, ein Viertel der gedrückten Ellipse oder eines Korbbogens *a* um eine im Mittelpunkt des Kreises senkrecht stehende Axe gedreht. Bei dem dadurch entstandenen Körper ergeben alle w a g r e c h t e n Schnittebenen konzentrische Kreise. Der Grundkreis kann hierbei wieder beliebig durch die Ecken des Raumes gehen, oder auch ausserhalb desselben liegen.

Zur Ermittelung der Stirnbögen theile man, Fig. 427, die beiden Seiten des Raumes in beliebig viele Theile 1—6 und g'' bis o'' und schlage mit den Halbmessern a 1, a 2 usw. und $a\,g''$ bis $a\,o''$ Kreisbögen aus dem Mittelpunkte a bis zur Diagonale, wodurch hier die Punkte 1'' usw. g—o erhalten werden. Errichtet man in allen diesen Punkten Senkrechte zur Diagonale, welche den elliptischen Querschnittsbogen in s usw. und in g', h' usw. schneiden, so giebt die Höhe 1'' s bis 6 die Scheitelhöhe des Stirnbogens über der schmalen Seite im Durchschnitt, die Höhe $a\,a'$ die des Scheitels des Gewölbes; die Höhen $g\,g'$ bis $o\,o'$ geben die Höhen des Stirnbogens über der langen Seite.

Liegen ungleich grosse Räume neben einander, so hat man darauf zu achten, dass die Kämpfer ihrer Ueberwölbungen gleich hoch angeordnet werden; man

Fig. 427.

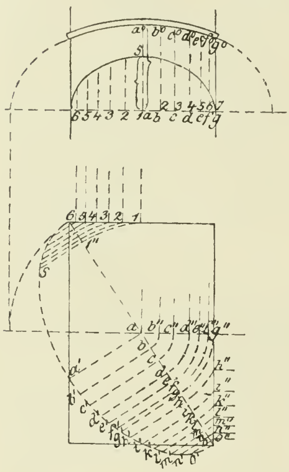


Fig. 428 a u. b.

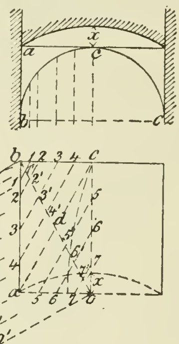
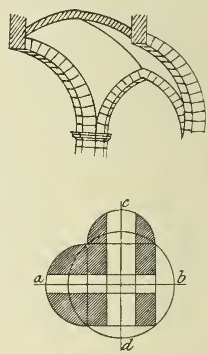


Fig. 429 a u. b.



hat also die Höhen der Ellipsen oder Korbbögen darnach einzurichten und jedes Gewölbe einzeln auszutragen.

Zum Schluss seien einige sehr einfache Konstruktionen solcher sogen. böhmischen Kappen mitgetheilt. Man nehme nach Fig. 428a und b den Stirnbogen über der schmalen Seite des Raumes als Halbkreis an und mache den über der langen Seite gleich hoch, stelle ihn also durch Vergatterung her. In Scheitelhöhe $a\,o$ des langen Bogens stelle man ferner einen Segmentbogen mit $^1/_8$—$^1/_6$ der Spannweite als Stichhöhe parallel zur kurzen Axe und parallel zur langen einen Bogen von gleicher Höhe über $o\,c$, der also gleichfalls durch Vergatterung entstanden ist. Dies sind die vier Lehrbögen, nach deren Aufstellung aus den vier Ecken heraus die schwalbenschwanzförmige Wölbung mit Busen begonnen wird, so dass sämmtliche Wölbschichten parallel $a\,c$ im Grundriss, also parallel den gleich hohen Punkten 1 1, 2 2 usw. liegen.

Jener Busen muss sehr gering und nur so gross sein, dass in d kein Knick entsteht. Auf die anderen Punkte 1', 2', 3' usw. ist er so zu vertheilen, dass er in b und o = Null wird. Vorsicht bei Wahl der Busenhöhe ist geboten, weil in der Richtung der Mittellinien $c\,o$ und $a\,o$ leicht Grate entstehen können, weshalb die Austragung des Diagonalbogens unbedingt nöthig und auch nicht zu übersehen ist, dass die Schnittpunkte 1', 2', 3' usw. der Diagonale mit den Punkten 1, 2, 3 usw. gleich hoch liegen; der betr. Busen tritt dann hinzu. Diese Konstruktion ist mithilfe von Vergatterung besonders für Treppeneinwölbung verwendbar.

Fig. 429a und b zeigt eine spitzbogige Hängekuppel, oder böhmische Kappe, bei welcher im Scheitel Kehlen entstehen. Bei der Konstruktion gehe man von den spitzbogigen Stirnbögen aus, bilde aus den doppelten Halbmessern derselben als Seiten ein Rechteck, Fig. 429b, und lege durch dessen Ecken oder auch ausserhalb herum den Halbkugelkreis. Schneidet man von den Mittellinien $a\,b$ und $c\,d$ aus nach beiden Seiten hin den halben Längenunterschied der Seiten dieses Rechtecks und der Seiten des gegebenen Raumes ab und schiebt

die übrig bleibenden schraffirten Theile zusammen, so ist die Konstruktion der Hängekuppel bewirkt, welche sich von dem in Fig. 366, S. 133 dargestellten Klostergewölbe nur dadurch unterscheidet, dass hier die Ziegelschichten geradlinig, dort bogenförmig sind. S. die Kirche von Privas, Encyclopédie d'Arch. 1886/87.

Es giebt noch eine weitere Methode, nach welcher solche böhmischen Gewölbe dadurch konstruirt werden, Fig. 430, dass man an der schmalen Seite des Raumes einen Halbkreis, an der langen einen gleich hohen gedrückten Bogen als Stirnbogen annimmt. Wird nun über der schmalen Axe des Grundrisses ein Flachbogen mit dem Mittelpunkt 1 als Scheitelschnitt aufgetragen, so ist 1—0 zugleich Stichhöhe für den Bogen im Längsschnitt und 0 demnach dessen Scheitel, *b* auch dessen Anfangspunkt. Die Zwischenpunkte zwischen *b* und *o* im Längsschnitt findet man, wenn man die Entfernung zwischen den beiden Mittelpunkten 1 und 6 in eine Anzahl von Theilen, und 6′—1′ im Längsschnitt entsprechend theilt. Wir greifen als Beispiel Punkt 4 und 4′ heraus. Die Senkrechte in 4′ schneidet den Bogen *mn* in 4^0, die Wagrechte durch 4^0 die Stirnwand *bd* in 4″; 4 ist jetzt Mittelpunkt des Bogens durch 4″ und der Schnitt der Wagrechten durch 4‴ mit der Senkrechten 4′ 4^0 giebt einen dritten Punkt des Bogens *b o* im Längsschnitt usw.; im Querschnitt kann hierbei *a o b* nahezu scheitrecht sein. Man hat hierbei den Vortheil, statt der Diagonalbögen eine beliebige Anzahl paralleler Lehrbögen mit den Mittelpunkten 1, 2, 3, 4 und 5 aufstellen zu können.

Es sei endlich hier eines der böhmischen Kappe ähnlichen Gewölbes Erwähnung gethan, welches mittels Rutschbögen herstellbar ist, Fig. 431 a und b.

Fig. 430.

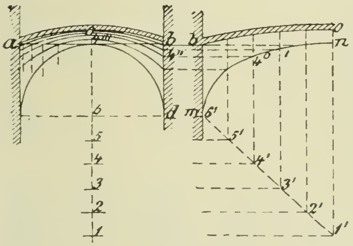


Fig. 431.

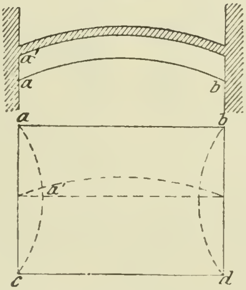
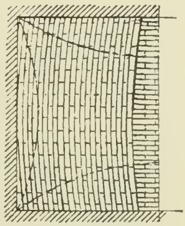


Fig. 432.



Denkt man sich in *a c* des rechteckig gestreckten Raumes *a b c d* eine Wölbscheibe *a c a′* (Segment- oder Korbbogen) senkrecht aufgestellt, also in *a a′* des Längsschnittes, und bewegt dieselbe immer senkrecht auf dem Segmentbogen *a b* bis *b* fort, so entsteht ein für die Praxis sehr leicht ausführbares Gewölbe, welches bei flachen Bögen einer preussischen Kappe mit Stich, bei stärkeren jedoch mehr einer böhmischen Kappe ähnlich ist. Die Einwölbung kann nach Fig. 432 erfolgen.

η. Das Kreuzgewölbe.

1. Allgemeines.

Das Kreuzgewölbe entsteht, wenn sich zwei Zylinder von gleicher Scheitelhöhe durchdringen, wobei alle Umfassungswände Stirnmauern werden; von diesen Zylindern bleiben vier Kappenstücke, welche ein Klostergewölbe bilden, übrig. (Vergl. S. 130 u. Fig. 354, S. 131.) Die Kappenstücke der Kreuzgewölbe können alle möglichen Querschnittsformen haben, also Halbkreise, Ellipsen, Korbbögen, Spitzbögen, Segmentbögen usw. sein.

Das Kreuzgewölbe hat vor allen bisher aufgeführten Gewölbearten den Vorzug, dass es den Seitenschub ganz auf die Ecken des Raumes überträgt; nur wenn es „Stich" oder „Busen" bekommt, erhalten auch die Stirnmauern einen geringen Schub. „Stich" nennt man die Erhöhung des Gewölbescheitels über die Scheitel der Stirnbögen, wobei die Scheitellinien der Kappen nach der Mitte

zu etwas ansteigen. Dieses Ansteigen kann geradlinig oder bogenförmig, Fig. 433 b und c, erfolgen, letzteres so, dass im Scheitel kein Knick entsteht, sondern die Scheitellinie zweier gegenüber liegenden Kappen einen fortlaufenden Kreisbogen bildet. Wenn das nicht der Fall, so ist das Kreuzgewölbe mit Busen ausgeführt, Fig. 433 d. Der Stich beträgt gewöhnlich $^1/_{30}$ bis $^1/_{20}$ der Diagonalweite, hängt jedoch von den örtlichen Verhältnissen ab. Wird derselbe sehr gross angenommen, so hat das den Nachtheil, dass die bei dem Kreuzgewölbe fast immer mit Verstärkung ausgeführten Grate nach dem Scheitel hin mehr und mehr verschwinden, man müsste denn den Kappen einen sehr starken Busen geben. Man begegnet diesem Uebelstande dadurch, dass man, Fig. 434, die Grate kräftiger heraus putzt. Bei ellipsenförmigen oder halbkreisförmigen Gratbögen ist der g e r a d e S t i c h u n a u s f ü h r b a r, weil die Tangente niemals den Scheitelpunkt berühren kann Fig. 433 e. Hierbei ist allein der Bogenstich oder die Wölbung mit Busen angebracht. Ein rundbogiges oder ellipsenförmiges Gewölbe würde im obigen Falle eine Tonne mit Stichkappen, nicht aber ein Kreuzgewölbe ergeben.

Abgesehen von der vorerwähnten Verschiedenheit der Stirnbögen — also der sich durchdringenden Zylinder — kann man bei einem regelmässigen Kreuzgewölbe über q u a d r a t i s c h e m Raume folgende Abweichungen haben:

1. Die Scheitel der Stirnbögen und des Gewölbes liegen gleich hoch und die Scheitelschnitte der beiden Kappen sind gerade, wagrechte Linien; die Kappen sind also o h n e Stich und Busen gewölbt, Fig. 433 a.

Fig. 433 a b, c, d u. e.

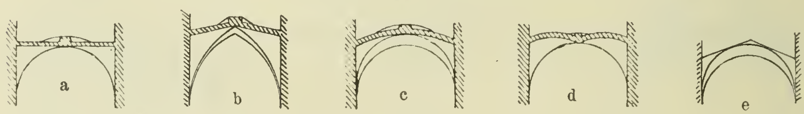


Fig. 434.



Fig. 435 a, b u. c.

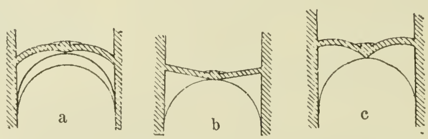
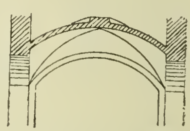


Fig. 436.



2. Der Gewölbescheitel liegt höher als der der Stirnbögen; der Scheitelschnitt je einer Kappe bildet eine nach der Mitte ansteigende Linie, d. h. das Gewölbe hat einen g e r a d e n Stich. Ist nur beim spitzbogigen Gratbogen ausführbar, Fig. 433 b.

3. Der Gewölbescheitel liegt, wie vor, höher; die Scheitellinie zweier gegenüberliegenden Kappen bildet einen regelmässigen Kreisbogen, d. h. das Gewölbe hat einen Bogenstich, Fig. 433 c.

4. Die Scheitel liegen sämmtlich gleich hoch; die Kappen sind aber flachbogig — jede für sich — gewölbt, d. h. das Gewölbe hat einen Busen o h n e Stich, Fig. 433 d.

5. Der Scheitel des Gewölbes liegt höher als der der Stirnbögen; die Kappenwölbung erfolgt dabei mit Busen, d. h. das Gewölbe hat Stich und Busen, Fig. 435 a.

6. Der Gewölbescheitel liegt t i e f e r als der der Stirnbögen — was besonders beim quadratischen Raume sehr selten vorkommen wird —; der Scheitelschnitt der Kappen ist dabei geradlinig, Fig. 435 b.

7. Es liegt endlich der Gewölbescheitel tiefer, die Kappen sind aber mit Busen gewölbt, Fig. 435 c.

Bei einem gestreckten rechteckigen Grundriss werden hauptsächlich folgende zwei Fälle zu unterscheiden sein:

1. Alle vier Bögen sind gleich hoch, wonach die über den langen Seiten Ellipsen oder Korbbögen werden, wenn die über den kurzen Seiten Halbkreise

sind. Bei Spitzbögen sind in diesem Falle die kleinen Bögen „gestelzt“, wie später gezeigt wird. Hierbei werden genau dieselben Abwechselungen möglich sein, wie bei den Kreuzgewölben über quadratischem Raume.

2. Die Bögen über den langen Seiten haben eine grössere Stichhöhe. Alsdann können angeordnet werden:

a. Die kleinen Kappen mit geradem, mit Bogenstich, oder mit steigendem Busen, die grossen ohne Stich, aber mit oder ohne Busen.

b. Beide Kappenarten mit Stich; dabei wird aber der Scheitel sehr hoch liegen und es sind drei Fälle denkbar, weil die Kappen neben Stich auch noch Busen erhalten können.

c. Die kleineren Kappen sind mit oder ohne Stich, die grossen fallend angenommen, wobei auch wieder Busenwölbung eintreten kann. Hierbei ist immer vorausgesetzt, dass je zwei gegenüberliegende Kappen des Rechtecks gleich sind. Da die Einwölbung derselben aber auch ganz verschieden sein kann, also z. B. die eine ansteigend, die entgegengesetzte fallend, so ist noch eine grosse Anzahl weiterer Annahmen möglich.

Fig. 437a u. b.

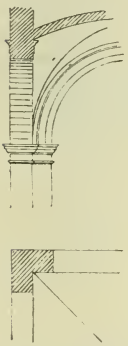
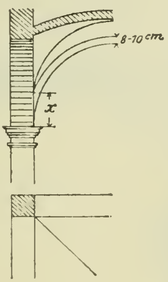


Fig. 438a u. b.



Wählt man zur Herstellung der Gewölbe flache Segmentbögen, so entstehen die „Kreuzkappen-Gewölbe“, welche ebenso wie die anderen behandelt und fast immer mit Stich oder Busen ausgeführt werden, um den Kappen mehr Spannung zu geben, Fig. 436. Bei solchen flachen Kreuzkappen werden die Grate ebenfalls sehr flach, weshalb sie auch hier, nach Fig. 434, durch den Putz schärfer markirt werden müssen.

Werden Kreuzgewölbe nur von Schildbögen begrenzt, so können sie, sobald Pfeilervorsprünge vorhanden sind, in Kämpferhöhe der Schildbögen beginnen, Fig. 337a und b. Wenn aber der Eckpfeiler keine Vorsprünge hat, so muss der Stirnbogen des Gewölbes, wie gewöhnlich, 8—10 cm höher als die innere Laibungskante des Gurtbogens und deshalb auch der Anfänger des Gewölbes in der Ecke um das Stück x, Fig. 438a und b, höher liegen. Diese Gewölbe nennt man auch wohl „gestelzt“ und die Erhöhung „Stelzung“, obgleich diese Bezeichnung hier nicht genau zutrifft.

In Grundrissen werden die Kreuzgewölbe durch Einpunktiren der Diagonalen bezeichnet.

2. Stärke des Gewölbes und Widerlagers.

Uebliche Stärken der Kappen und Grate bei Kreuzgewölben sind:

bei einer Spannweite	bei den Kappen	bei den Graten
bis 6 m	1/2 Stein	1 Stein dick und 1 Stein breit
„ 9,5 m	1/2 „ im Scheitel 1 „ am Kämpfer	1 „ im Scheitel dick, 1 1/2 „ am Kämpfer „ — 1 1/2 Stein breit
„ 18 m	1/2 „ im Scheitel bis 1 1/2 Stein am Kämpfer	1 „ im Scheitel „ bis 2 Stein am Kämpfer dick, — 1 1/2 Stein breit

Die Widerlagsstärke beträgt:

bei halbkreisförmigen Kreuzgewölben 1/6—1/4 der Diagonalweite,
„ spitzbögigen „ 1/7—1/5 „ „ .

Bei Widerlagern, die höher als 2,5—3,0 m sind, muss man die Stärke um 1/10—1/8 der Widerlagshöhe vermehren.

3. Konstruktion und Ausführung des Kreuzgewölbes.

α. Ausführung in Haustein.

Die Kreuzgewölbe aus Werkstein, Fig. 439a und b, erhalten keine Verstärkungsgrate — ausgenommen natürlich solche mit profilirten Graten, von denen später die Rede sein wird — sondern Hakensteine, Fig. 440b, welche mit denen der Gewölbekappen in Verband liegen. Im Gegensatz zum Klostergewölbe liegen hierbei die Schichten rechtwinklig zum Schildbogen. Charakteristisch sind die Scheitelsteine und die Anfänger, Fig. 440a und c. Hausteingewölbe erhalten des sonst schwierigen Steinschnittes wegen und weil Setzen wegen der geringen Fugenzahl ziemlich ausgeschlossen ist, niemals Stich oder Busen. Die Gewölbestärke richtet sich nach dem Schildbogen; sie wird bei leicht belasteten Gewölben = $^1/_{36}$ der Weite desselben gemacht. Gewöhnlich erfolgt Verstärkung nach den Widerlagern zu, Fig. 441.

β. Ausführung in Bruchstein.

Kreuzgewölbe aus Bruchstein wurden im Mittelalter (mit Ausnahme der norddeutschen Tiefebene und der Champagne), fast überall ausgeführt. Hierbei ist eine vollständige Einschalung des Lehrgerüstes, wie bei den Werksteingewölben, erforderlich und die Anwendung eines Stiches wegen des starken Setzens dieser Gewölbe sehr angebracht. Busung ist wegen der dabei kaum möglichen Einschalung

Fig. 439a.

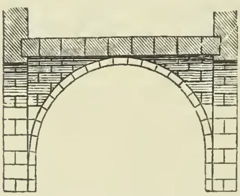


Fig. 439b.

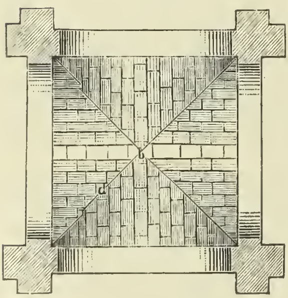


Fig. 440a.

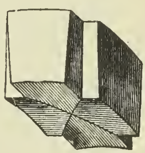


Fig. 441.

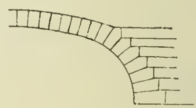


Fig. 440b.

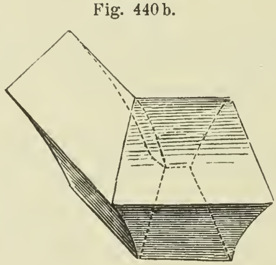
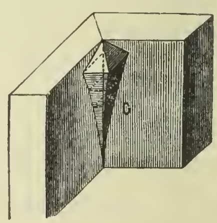


Fig. 440c.



unausführbar, man müsste denn zu der im Mittelalter angeblich geübten Praxis zurückgreifen, auf der Schalung einen Auftrag von Erde anzubringen, um darin den Busen zu formen. Bei einigermaassen sorgfältiger Ausführung werden passend zurecht gehauene Gratsteine nöthig, also Werksteine, wodurch man auf die später zu besprechenden Rippengewölbe geführt wird. Die Steine werden trocken verlegt und nachträglich mit Mörtel vergossen.

γ. Ausführung in Backstein.

Die Darstellung eines gewöhnlichen, halbkreisförmigen Kreuzgewölbes ohne Stich mit wagrechten Scheitellinien, des römischen Kreuzgewölbes, ist höchst einfach: Diagonalbögen oder Grate fallen im Querschnitt mit den Stirnbögen zusammen, sind also in Wirklichkeit Ellipsen, welche man durch Vergatterung austrägt, Fig. 442. So werden aber fast nur die Hausteingewölbe hergestellt, während bei Ziegelgewölben der gerade oder Bogenstich kaum zu missen ist; siehe Fig. 443a u. b.

Die Ueberhöhung der Bögen über Kämpfergesimsen, sowie die übliche Hintermauerung darf hierbei nicht fehlen.

Bei der Zeichnung der Gratbögen hat man diesen Stich x, Fig. 444 a und b, zuerst aufzutragen, den Endpunkt mit den Kämpferpunkten entweder durch eine gerade Linie, wie in der linken Hälfte der Figur, oder bogenförmig, wie rechts, zu verbinden und von hier aus, also in den Punkten 1', 2', I', II' die Ordinaten zu errichten.

Fig. 442.

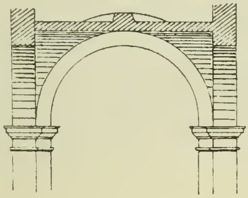


Fig. 444 a u. b.

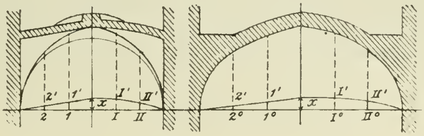


Fig. 443 a.

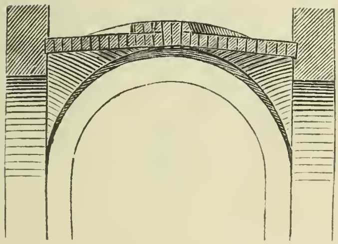


Fig. 445 a.

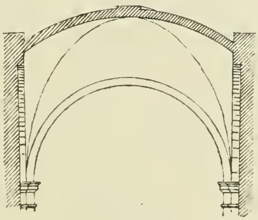


Fig. 443 b.

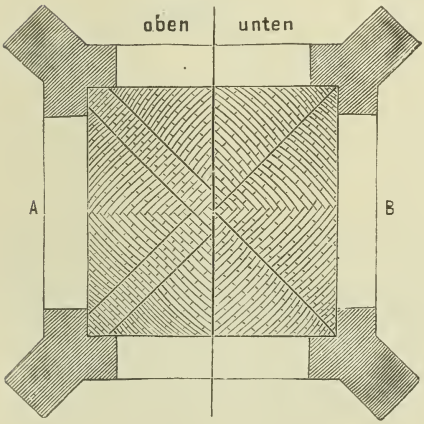
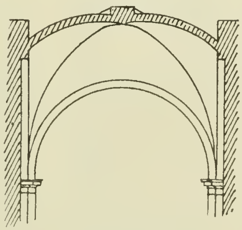


Fig. 445 b.



Muss der Stich des Gewölbes sehr gross werden, so kann man zunächst, nach Fig. 445 a und b, auch die Gratbögen halbkreisförmig gestalten. Hierbei lassen sich die Kappen nur mit Busen einwölben, wobei nicht zu vergessen ist, dass der Bogenstich nur eine bestimmte Art der Wölbung mit Busen ist, bei der zwei gegenüberliegende Kappen im Querschnitt einen Kreisbogen bilden, während sonst im Scheitel ein Knick, Fig. 445 b, entsteht, je nachdem der Mittelpunkt des betreffenden Kappenbogens diesseits des Lothes durch den Scheitelpunkt oder in demselben selbst liegt. Die Kappen so mit Busen zu wölben, dass sie im Querschnitt einen Spitzbogen bilden, ist bei kreisförmigen Gratbögen ebenso unmöglich, wie die Wölbung mit geradem Stich. Würde man jedoch dem Scheitel einen Bogenstich geben, so würde das höchst wahrscheinlich gar kein Kreuzgewölbe, sondern eine Hängekuppel ergeben; jedenfalls aber würden die Gratbögen in Fig. 445 a fast gar nicht sichtbar werden.

Sollen die Stirnbögen bei dem „gothischen Kreuzgewölbe“ spitzbogig gezeichnet werden, so kann man hierbei von dem halbkreisförmigen Gratbogen ausgehen. Man zeichnet ihn, Fig. 446, über der Diagonale $b\,e$ und trägt von b aus auf letzterer die Seiten $a\,b = b\,a'$ und $a\,e = b\,e'$ ab, von e' und a' dann nach b zurück die halben Diagonalen, den Halbmesser $e\,c$ von e' bis c' und von a' bis c''. Die aus c' und c'' geschlagenen Bögen $e'\,s$ und $a'\,s'$ geben mit $s\,b$ und $s'\,b$ zusammen die beiden Schildbögen, deren Höhen geringer als die des Diagonalbogens und unter sich verschieden sind. Sind zwei Seiten des rechteckigen Grundrisses sehr schmal, so wird der Spitzbogen sehr schlank, lanzettförmig, was selten wünschenwerth ist. In solchem Falle muss man von der angeführten Konstruktion absehen und den Bogen nach Wunsch zeichnen oder so, wie es etwa ein in der Stirnmauer liegendes Fenster erfordert. Sollen die Höhen der Spitzbögen gleich sein, so muss man sie „stelzen“. Ist z. B. $d\,e\,f$, Fig. 447a und b, der Spitzbogen der grossen Rechteckseite und soll der der kleinen gleiche Höhe mit jenem erhalten, so zeichnet man den Spitzbogen über $b\,c$, wie man ihn wünscht, $= b\,a\,c$, und verlängert die Bögen $a\,b$ und $a\,c$ senkrecht nach unten bis m und n, so dass die Höhe $f\,g = a\,o$ ist.

Fig. 446.

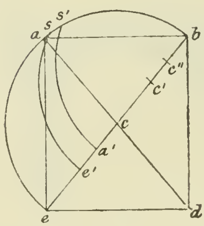


Fig. 447 a u. b.

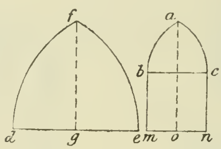


Fig. 448.

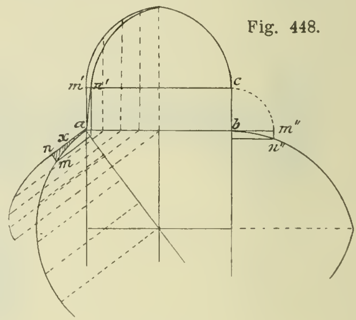


Fig. 449.

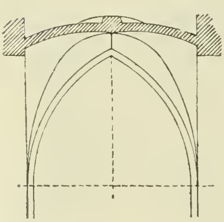


Fig. 450 a.

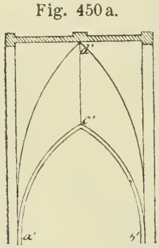
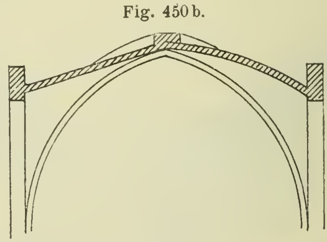


Fig. 450 b.



Dann ist der Bogen $m\,a\,n$ der gewünschte Schildbogen und $b\,m$ und $c\,n$ sind die Stelzen. Bei diesen Stelzen stellt sich aber der Uebelstand ein, dass, weil der Bogen über der schmaleren Seite $a\,b$, Fig. 448, erst in der Höhe von c beginnt, der über der langen aber bereits in den Kämpferpunkten a und b, welche zugleich auch diejenigen der Kreuzbögen sind, die kleinere Kappe eine lothrechte, ebene Stelzungsfläche x erhält, welche im Kämpferpunkte unter spitzem Winkel beginnt, bis zum Anfang der Kappenwölbung lothrecht aufsteigt und hier die Breite $m\,n$ erreicht. Von $m\,n$ aus kann also erst die eigentliche Wölbung der kleineren Kappe inangriff genommen werden. Dieser Uebelstand lässt sich nur dadurch vermeiden, dass man den grösseren Bogen als „Knickbogen“ konstruirt, d. h. ihn auch erst aus dem Punkte m'' anfangen lässt. — Fig. 449 zeigt ein busiges Kreuzgewölbe über quadratischem Raume mit spitzbogigen Schildbögen und halbkreisförmigem Diagonalbogen, der im Querschnitt als Ellipse erscheint.

Vollständig freie Bewegung inbezug auf Ausführung der Kappen gestattet erst die Verwendung des Spitzbogens als Gurtbogen. Hierbei kann man sowohl den geraden Stich, wie auch den Busen mit Stich so benutzen, dass der Kappenquerschnitt einen flachen Spitzbogen bildet. Fig. 450a zeigt den Querschnitt

eines Kreuzgewölbes über rechteckig gestrecktem Raume; die Kappen über der langen Stirnbogen-Seite sind ohne Stich und Busen eingewölbt, während in 450b, dem Querschnitt parallel zur langen Stirnbogenseite, die Kappen einmal mit geradem Stich, dann mit Stich und Busen dargestellt sind.

Würden bei sehr schmalem rechteckigen Raume die Kappen der kleinen Seiten einen zu grossen Stich erfordern, so lässt man — in seltenen Fällen — die der grossen wohl nach dem Scheitel zu fallen, Fig. 451.

Ist ein unregelmässiger Raum zu überwölben, so thut man gut, zunächst den Schwerpunkt des Grundrisses desselben zu suchen. Die von diesem nach den Eckpunkten des Raumes gezogenen Verbindungslinien ergeben die Horizontalprojektion der Grate. Einer Seite, gewöhnlich der kleinsten bei rundbogigen Gewölben, giebt man darnach einen halbkreisförmigen Schildbogen und bestimmt alle übrigen Theile nach Fig. 452 durch Vergatterung. Natürlich ist jede einzelne Grathälfte besonders mit Berücksichtigung des Stiches auszutragen. Bei einem regelmässigen Vieleck verfährt man ebenso.

Fig. 451.

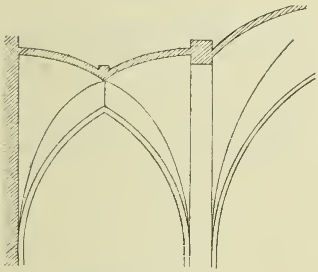


Fig. 453 a.

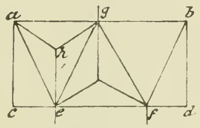


Fig. 453 b.

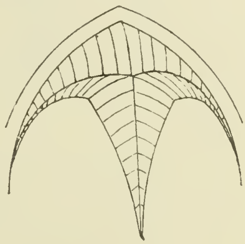


Fig. 454 b.

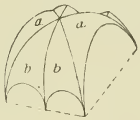


Fig. 452.

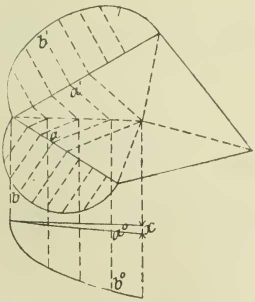
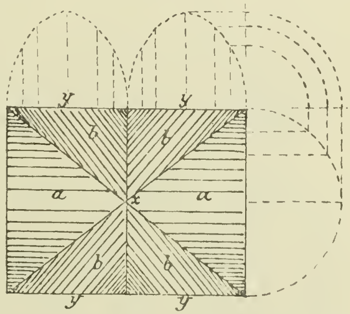


Fig. 454 a.



Soll das Kreuzgewölbe spitzbogig ausgeführt werden, so nehme man die längste Diagonalhälfte als Halbmesser eines Halbkreises an, wonach alle übrigen Bögen zu Spitzbögen werden.

Einigermaassen abweichend gestaltet sich die Ueberwölbung bei dreieckiger Grundform, welche z. B. bei Korridoren mit versetzten Widerlagern und Axen oder bei Chorabschlüssen von Kirchen vorkommen kann, Fig. 453 a und b. Bei der Einwölbung verspannen sich die Kappen entweder unmittelbar gegen die über den Seiten des Dreiecks geschlagenen Gurtbögen, Fig. 453 a rechts, wie in den Kathedralen von Paris und Notredame zu Chalons, eine Abart des Klostergewölbes, wie wir früher bei Fig. 367 b, S. 133 gesehen haben; oder die dreieckige Grundform ist noch weiter durch die Kreuzrippen *a h*, *g h* und *e h* getheilt, Fig. 453 a links und 453 b, wie z. B. im Römer zu Frankfurt a. M.

Erwähnenswerth ist noch das sechstheilige Kreuzgewölbe, welches sich in St. Stephan zu Caën und anderwärts vorfindet, sich auch gut z. B. zur Ein-

wölbung von Korridoren mit gekuppelten Fenstern eignen würde. Von den gewöhnlichen Kreuzgewölben unterscheidet es sich dadurch, dass zu den beiden Gratbögen noch ein dritter hinzutritt, welcher die Kappen *b*, Fig. 454a und b, von einander trennt und auf den Zwischenpfeilern aufruht. Während die Kappen *a* wie gewöhnlich hergestellt worden, sind die anderen Seiten durch je zwei Kappen *b* geschlossen, deren Axen in der Richtung von *x* nach *y* liegen. Aehnlich ist die Ausführung bei einem spitzbogigen Gewölbe des Klosters Maulbronn und des Domes von Limburg.

Bei Chorumgängen und rund ausgebauten Treppenhäusern ist es möglich, dass ein Kreuzgewölbe nach Fig. 455a bis d durch die Durchdringung eines ringförmigen Tonnengewölbes mit einem halbkegelförmigen Gewölbe entsteht, dessen Spitze im Mittelpunkte *M* der kreisförmigen Kämpferebene liegt. Die lothrechten Bogenschnitte über *e v k* und *E V q* geben in der Projektion die Halbkreise *e f k* und *E F q*. Die Scheitellinie des Kegels *M F* muss den Halbkreis des Tonnengewölbes berühren; hier geschieht dies in dem Punkte *r*.

Fig. 455 a.

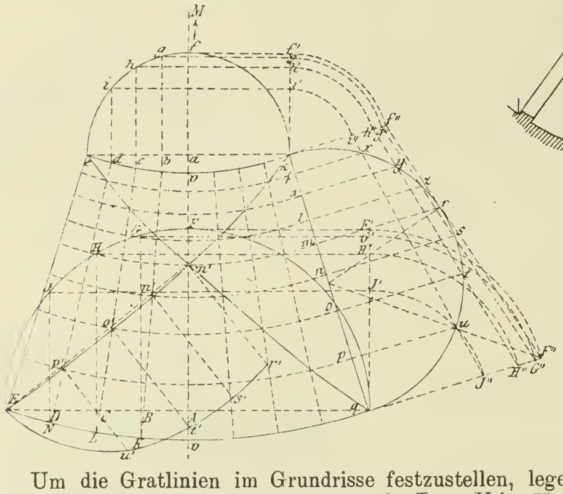


Fig. 455 b.

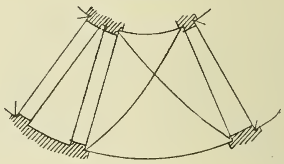


Fig. 455 c.

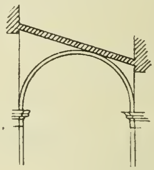
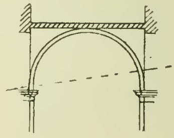


Fig. 455 d.



Um die Gratlinien im Grundrisse festzustellen, lege man beliebige, radiale Lothebenen *N d*, *L c*, *K b*, *V v* und ermittele die Punkte, in welchen die Schnittlinien dieser Ebenen mit dem Kegelmantel die Laibung des Tonnengewölbes durchdringen. Zu dem Zweck denke man sich jene Schnittebenen nach *k q* gedreht, hier umgeklappt, dann ihre Vertikalprojektionen gezeichnet, wodurch man die Durchdringungspunkte *x*, *y*, *z*, *r*, *s*, *t* und *u* der Scheitellinien mit dem Gewölbeprofil *k r s q* erhält. Fällt man von jenen Punkten aus die Lothe *x β*, *y α* usw. und schlägt durch *a β* usw. um *M* als Mittelpunkt Kreisbögen, so ergiebt die Verbindungslinie der Durchschnittspunkte derselben mit den radial stehenden Ebenen *N d*, *L c* usw. die Gratlinie im Grundriss. Die Gratlinien im Querschnitt *E m' r'* erhält man durch Vergatterung aus dem Halbkreise des Tonnengewölbes.*)

Schwierigkeiten bereitet hier noch die Anlage von Pilastern, Säulen und Gurtbögen. Die günstigste Lösung enthält der Grundriss Fig. 455b links, worin zwei Pilaster angeordnet sind, zwischen welchen zur Ausgleichung ein dreieckiges Tonnenstück liegt. Ist diese Lösung nicht möglich, so muss man, nach Fig. 455b rechts, den Pilastern ungleiche Breiten geben. Fig. 455d zeigt den Kegel in geneigter, den Scheitelschnitt in wagrechter Lage. Das führt aber zu einer hässlichen Stelzung des kleinen Bogens.

*) Vergl. Schmölke, Die Konstruktionen des Hochbaues. I.

Bei Kreuzgewölben über Korridoren, und auch sonst wohl, lässt man die Gurtbögen in der unteren Laibung des Gewölbes mitunter nicht sichtbar vortreten, Fig. 456. Die Einwölbung gewinnt alsdann grosse Aehnlichkeit mit einem Tonnengewölbe mit Stichkappen Fig. 316a u. b; nur dass beim Kreuzgewölbe letztere im Scheitel zusammen stossen. Die Scheitellinie *a—b* muss hierbei immer wagrecht sein, weil sonst am Gurtbogen ein Knick entstehen würde, während die Stichkappen Stich oder Busen haben können. Der erwähnte Gurtbogen wird als Verstärkung nur an Gewölben von grösserer Spannweite wirklich ausgeführt.

Die Axen eines Kreuzgewölbes können sich, wie z. B. bei Treppenunterwölbungen, in geneigter Lage kreuzen, weshalb derartige Gewölbe „steigende“ heissen. Dieselben können flachbogig, nach einer Ellipse, einem Korb- oder Spitzbogen geformt sein. Die Austragung der Grate durch Vergatterung geht aus Fig. 457a, b u. c hervor. Bei langen Treppenläufen haben steigende

Fig. 457a, b u. c.

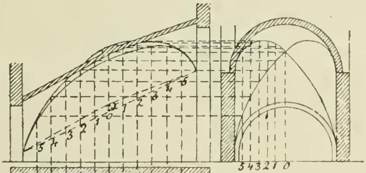
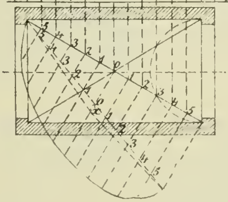



Fig. 456.

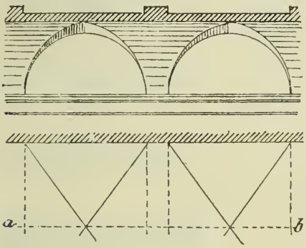


Fig. 460.



Fig. 458.

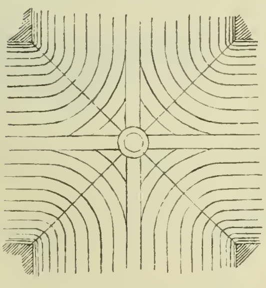
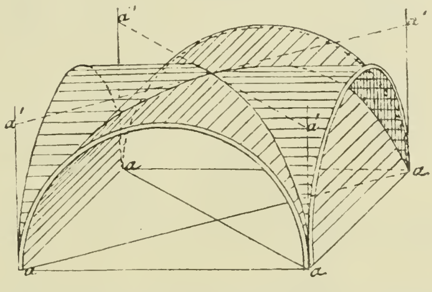


Fig. 459.



Kreuzgewölbe den Fehler, dass die Gratlinien im Scheitel verschwinden, weshalb statt ihrer, besser, die früher beschriebenen böhmischen Kappen oder die steigenden Tonnen mit Stichkappen, Fig. 326, angewendet werden.

Durchdringen sich zwei stark belastete Tonnengewölbe so, dass ein Kreuzgewölbe ohne trennende Gurtbögen entsteht, so kann man die Steinschichten zweier benachbarter Tonnenhälften kreisförmig nach Fig. 458 so zusammenführen, dass sie den Grat unter einem rechten Winkel schneiden.*)

Was die praktische Ausführung der Kreuzgewölbe betrifft, so ist diejenige ohne Stich und Busen, wie sie z. B. bei den Alten gebräuchlich war, höchst einfach; das Lehrgerüst kann in solchem Falle eingeschalt werden und es wird dabei folgendermaassen verfahren. Sind die Gurtbögen bereits eingewölbt, so wird nach Aufstellung der vier Stirnbögen mittels nach der Längsrichtung hin quer gestellter Lehrbögen eine Tonne vollständig eingeschalt. Auf dieser werden die Grate bezeichnet, indem man zwei Diagonalschnüre spannt und davon die

*) Näheres über diesen selten vorkommenden Fall s. in D. Bauzeitung Jahrg. 1868.

Grate auf die Einschalung herunter lothet. Hiernach lassen sich von diesen Linien aus nach den Stirnbögen hin die anderen Kappen als Stichkappen herstellen, wobei die Schalbretter am Grat zugeschärft werden müssen, Fig. 459. Am einfachsten ist dies Verfahren bei Gewölben ohne nach unten vortretende Gratbögen. In dieser Weise ist schon von den alten Römern verfahren worden, was man deutlich daraus sieht, dass die Spitzen der Stichkappen bei alten Gewölben nicht immer in einem Punkte zusammen treffen, Fig. 460.

Die Einwölbung solcher Kreuzgewölbe ohne Stich geschah früher stets, wie die der Tonnengewölbe, mit zu den Gewölbeaxen parallel laufenden Schichten. Hierbei muss in den Gratlinien gegenseitiges Ueberbinden erfolgen, so dass sich nie eine Fuge bildet, Fig. 461, rechte Seite. Die Anfänger werden durch wagrechte Auskragung hergestellt, bis so viel Flächenraum gewonnen ist, dass der Gurt in seinem vollen Querschnitt Platz darauf findet. (Oder Hausteinanfänger, Fig. 440 c,

Fig. 463 a—f.

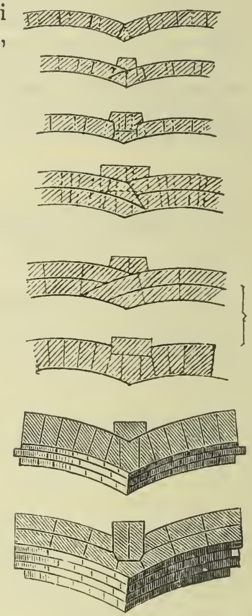


Fig. 462.

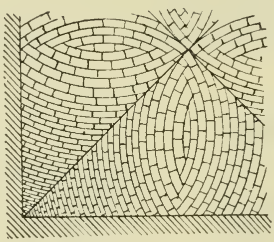


Fig. 461.

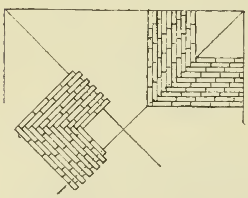
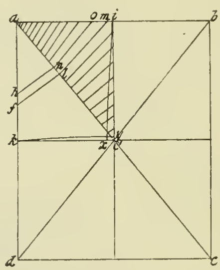
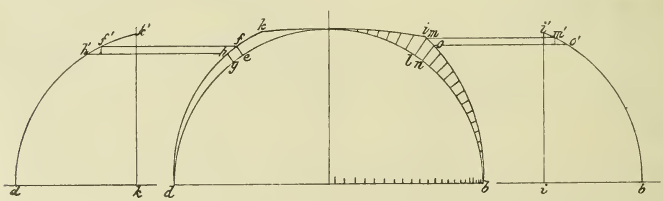


Fig. 464 a u. b.



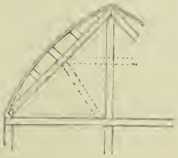


was noch besser ist!). Nur bei ungeputzten Ziegelgewölben ist man gezwungen, die Wölbung schon vom Kämpfer aus mit radialen Fugen zu beginnen. Jedenfalls sollten bei einem Bau die Kreuzgewölbe früh genug ausgetragen werden, um während des Aufmauerns der Wände schon jene Anfänger in richtiger Form anlegen zu können; leider geschieht dies selten und entstehen deshalb häufig Flickarbeiten.

In Deutschland ist jedoch die freihändige Einwölbung der Kappen auf Schwalbenschwanz (Fig. 461 linke Seite) üblich, bei der die einzelnen Gewölbeschichten normal zur Gratlinie liegen. Die Einwölbung spitzbogiger, busiger Kreuzgewölbe erfolgt gewöhnlich aus freier Hand und es ergiebt sich, sobald die Schichten radial zum Gratbogen liegen, nach Fig. 462, in der Mitte der Kappen ein Auge, welches durch keilförmig zugehauene Steine zu schliessen ist, wogegen bei einer geradlinig steigenden Kappe jede Schicht nach dem Schildbogen und der Scheitellinie zu breiter wird, was bei Ziegelgewölben durch keilförmige Fugen

zu bewirken ist. Man bedarf hierbei nur der Stirn- und Gratbögen, bei grösseren Gewölben auch der Axbögen. Nur einer dieser Lehrbögen kann ganz durchgehen; die übrigen müssen in zwei Hälften aufgestellt und im Zusammenstoss durch einen Stiel, den Mönch, unterstützt werden, wie das schon bei den Klostergewölben angegeben worden ist. Ringsum müssen bei beiden Einwölbungsarten Falze für das Widerlager in den Stirnmauern vorhanden sein. Die Grate werden, wie Fig. 463a—f zeigt, gleichzeitig mit dem Gewölbe ausgeführt.

Fig. 465.



Obgleich die richtige Herstellung eines solchen Gewölbes ganz auf dem scharfen und geübten Auge des Maurers beruht, soll hier doch noch die Austragung der Fugen im Grundriss und Aufriss gezeigt werden. Es sei (nach Ungewitter 1. Aufl. 1859—64 S. 105) *aikC* der vierte Theil des rechteckigen Grundrisses eines rippenlosen Kreuzgewölbes *abcd*, Fig. 464a, Fig. 464b der Durchschnitt nach *Cb*, welcher den Aufriss des Gratbogens nach *bd* und die Projektionen der beiden Stirnbögen *dk* und *bi* zeigt. *ki* ist die Projektion der Scheitellinien, welche in *ix* und *ky*, Fig. 464a, genau dargestellt sind. dk' und bi' sind, Fig. 464b, die beiden Stirnbögen in richtiger Gestalt. Der Gratbogen, ein Halbkreis, wird nunmehr der Stärke der Ziegelschichten gemäss eingetheilt und durch die Theilpunkte werden radial die Fugen bis zum projizirten Stirnbogen gezogen, also z. B. *gh*, *ef*, *lm*, *no*. Wenn diese Fugen auch busig sein sollten, erscheinen sie hier doch als gerade Linien. Durch die Wagrechten mm', oo' usw. erhält man die Theilpunkte auf dem wirklichen Stirnbogen, die nunmehr in den Grundriss, Fig. 464a, zu übertragen sind. Zu diesem Zwecke sind Lothe von den Punkten *l n g e* usw. auf die Wagrechte *bd*, Fig. 464b, zu fällen und die kleinen Abstände auf die Diagonale *ac* im Grundriss zu übertragen. Das Gleiche geschieht mit den Punkten m' o' f' h' der Stirnbögen. Durch die Verbindung der betreffenden Punkte im Grundriss erhält man dann die Fugen *hn—on*, *fl—lm* usw., welche gerade Linien sind, wenn die Fugen in Wirklichkeit geradlinig, jedoch gebogen, wenn die Kappen Busen haben. Die Krümmung ist leicht durch Projektion einzelner Punkte zu ermitteln. (S. auch Fig. 421.) Genau so ist das Verfahren, wenn der Gratbogen spitzbogig ist; ist derselbe jedoch eine Ellipse, so erfolgt die Eintragung der Fugenrichtung nach Fig. 239 u. 254.

Die Lehrbögen für die Einwölbung werden sehr verschieden konstruirt. Hierbei übt die in verschiedenen Gegenden herrschende Gewohnheit grossen Einfluss (vergl. z. B. Fig. 465, das in Ober-Hessen gebräuchliche Gerüst). Im allgemeinen möchte dem Bretterlehrbogen der Vorzug zu geben sein, weil kein anderer eine so genaue Darstellung der Gewölbelinie gestattet.

4. Konstruktion und Ausführung der Rippengewölbe.

Da der Verband der Steine an den Graten, des vielen Verhaues wegen, Uebelstände hat, besonders wenn die Kappenschichten nach Segmentbögen, also

Fig. 466.

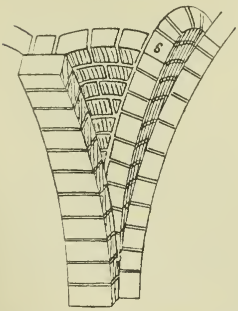


Fig. 467 a u. b.

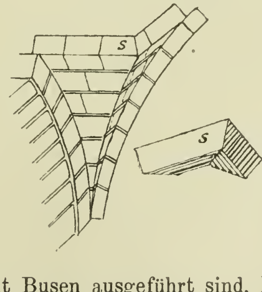


Fig. 468.

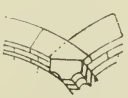
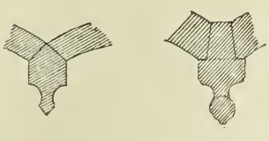


Fig. 469 a u. b.



mit Busen ausgeführt sind, kam man zunächst darauf, die Diagonalbögen überhaupt für sich herzustellen und dieselben aus radial gestellten Steinen, Fig. 466, oder besonders geformten Ecksteinen,

Fig. 467 a und b, zu bilden, so dass die einzelnen Kappenschichten sich gegen sie verspannen. Hiernach entstand das System der Rippengewölbe, bei welchen die Rippen entweder selbständig ohne Verband unter dem Gewölbe sitzen und die Kappen über dieselben fortgehen — was bei solchen von Ziegelsteinen wohl meist der Fall sein wird, Fig. 468 — oder mit Widerlagern versehen sind, gegen welche sich die Kappen steifen, Fig. 469 a und b. Das geschieht hauptsächlich bei Hausteinrippen, die auch heute sehr viel angewendet werden, während man die Kappen, der grösseren Leichtigkeit halber, fast immer aus Ziegeln herstellt. Hierbei erfolgt vielfach eine Verstärkung der Rippen durch Uebermauerung nach Fig. 470 und 471 oder, bei grösseren Spannweiten, auch stromschichtartig mit hochkantig gestellten Steinen, Fig. 472. Da die Kreuz- oder Diagonalrippen, nach einer Bogenlinie gebildet, aus lauter gleichen Werkstücken mit radial gerichteten Fugen bestehen, so erleichtert dies die Ausführung ganz erheblich; selbstverständlich hängt die Grösse des Rippenprofils von der Festigkeit des Materials und der Spannweite der Bögen ab.

Die Dicke der aus Ziegeln besonders geformten Rippensteine muss der der Kappenziegel entsprechen. Rippen aus Ziegeln werden immer zugleich mit der Kappenwölbung ausgeführt, solche von Haustein jedoch vor der Kappeneinwölbung. Nachdem die Lehrbögen errichtet sind, werden die einzelnen Werkstücke auf dem Rücken derselben in richtiger Lage versetzt und nachträglich die Fugen mit

Fig. 471.

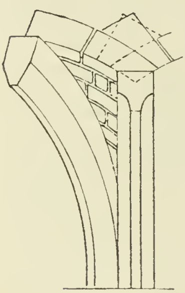


Fig. 470.

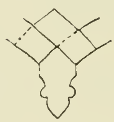


Fig. 472.

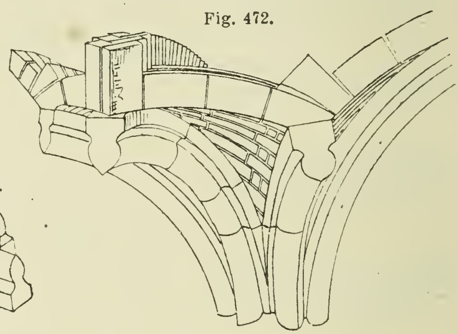
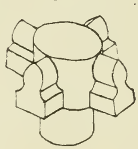


Fig. 473.



Mörtel vergossen. Beim Setzen der Bögen springen jedoch leicht die kleinen Profilkanten ab; deshalb lässt man bei den innersten Gliederungen die Fugen zunächst offen und fugt nachträglich aus. Bei kleineren Abmessungen des Rippenprofils wird die Mörtelfuge besser durch eine eingeschobene Bleiplatte ersetzt.

Schwieriger ist der Verband mit eisernen, verzinkten Dübeln, welche in dem zu versetzenden Stein mit Blei befestigt sein müssen, während sie in dem unteren, bereits versetzten, mit Mörtel vergossen werden.

An den Stirnseiten der Gewölbe findet häufig eine Wiederholung der Kreuzrippen statt, um der Wölbung ein reicheres Aussehen zu geben; diese Rippen heissen Schildbogenrippen. Die Rippen werden entweder an den Pfeilern herab geführt, wodurch die sogen. Bündelpfeiler entstehen; oder sie ruhen auf besonderen Kämpfersteinen, Kragsteinen oder Konsolen auf, welche eine solche Ausladung erhalten müssen, dass die Rippenprofile darauf Platz finden.*)

Im Scheitel vereinigt sich die durch die Grundform des Raumes bedingte Anzahl von Rippen in einem Schlussstein, welcher die Rippenansätze enthalten muss, Fig. 473. Häufig tritt derselbe gegen die untere Rippenflucht vor, ist oft auch reich verziert, so dass beim Aufstellen der Lehrbögen auf diesen Vorsprung Rücksicht genommen werden muss; d. h. es müssen die Lehrbögen entweder an dieser Stelle ausgeschnitten sein, oder durch ein geringes Drücken des Scheitels und entsprechende Auffütterung die entsprechende Gestalt erhalten.

*) Näheres siehe in Ungewitter, Lehrbuch der gothischen Konstruktionen.

Alle Kappen sind vom Kämpfer herauf zu gleicher Zeit einzuwölben, auch sehr lange Gratbögen gegenseitig abzusteifen, damit ein Herausdrängen derselben verhütet werde.

5. Konstruktion und Ausführung der Zellengewölbe.

Aus demselben Grunde, welcher die Konstruktion der Rippengewölbe veranlasste: die Vermeidung vielen Verhaues bei den Gratsteinen der gewöhnlichen Kreuzgewölbe, entstanden — vorzüglich in den Ostseeländern, indess vereinzelt auch an anderen Orten, wie z. B. in Krakau, in Jüterbog (Rathhaus) usw. — zellenartige Gewölbe, die in der Regel allerdings nicht nach dem Kreuzgewölbe, sondern nach verwickelteren Systemen ausgeführt wurden; sie bilden den Uebergang zu den Sterngewölben. Die Fugenrichtung der Kappen unterscheidet sich von der der gewöhnlichen Kreuzgewölbe darin, dass die einzelnen Schichten auf jedem Grat und jeder Stirnmauer (bezw. -Bogen) radial und unter 45° aufgesetzt sind, mithin sich immer in der Mitte zwischen Grat- und Stirnbogen schneiden und hier eine Kehle bilden. Hierbei behalten die einzelnen Ziegel an den Graten ihre rechtwinklige Gestalt, d. h. es zeigt der radiale Durchschnitt durch dieselben stets einen rechten Winkel, Fig. 474a und b. Um die dadurch

Fig. 474a.

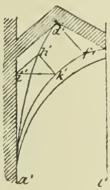


Fig. 474b.

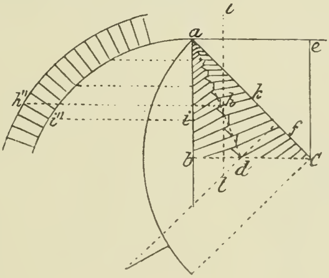
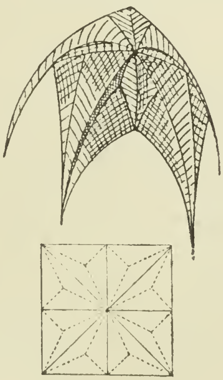


Fig. 475a u. b.



entstehende Tiefe der Kappen einigermaassen zu verringern, kann man die einzelnen Schichten vom Grat aus, anstatt nach einer geraden Linie, nach Bogenlinien ansteigen lassen, doch so, dass die Winkel, unter welchen die Kappen im Scheitel, also z. B. bei *d*, zusammen treffen, immer rechte bleiben. Das Gewölbe unterscheidet sich dann von einem flachbusigen dadurch, dass statt des Segmentbogens hier ein Spitzbogen eingeführt ist. Bei grösseren Spannweiten wird dies Mittel aber nicht ausreichend sein; dann muss man zu einer Verkleinerung der Felder, das heisst zu einer Vermehrung der den Grundriss theilenden Gratbögen schreiten; hierin aber liegt der Uebergang zu dem Sterngewölbe. Sobald man z. B., Fig. 475, die Axbögen als Grate gestaltet und sie auch ebenso wie solche mauert, mithin als rechtwinklige Kanten ausbildet, wird die Grundfläche in acht Felder zerlegt und zeigt die Form eines Sternes, wenn man die Kehlen oder Scheitellinien der Kappen einzeichnet, obgleich das Gewölbe immer noch ein Kreuzgewölbe ist. (S. Allgem. Bauzeitung 1888.)

Sollen die Fugen in dem Grundriss und Durchschnitt eingetragen werden, so hat man in Fig. 474b zunächst den niedergeschlagenen Bogen über *a b* darnach einzutheilen, dazu einen konzentrischen Bogen in beliebiger Entfernung und in gleicher Entfernung zu *a b* die Parallele *l—l* zu ziehen. Die Endpunkte der Halbmesser, z. B. *i''* und *h''*, werden auf *a b* und *l l* projizirt nach *i* und *h*. Die Verbindungslinie dieser beiden Punkte giebt die betreffende Fuge. Das Gleiche geschieht bei der Kappe *a d c*, wonach es leicht ist, die Fugen auch im Durchschnitt, Fig. 474a, festzulegen. Die Fugen jeder Kappe gehören einem Kegelmantel an, mit der Richtung nach der Spitze des Kegels. Bedingung ist, dass Grat- und Stirnbogen den gleichen Halbmesser haben und auch die Fugentheilung die gleiche ist.

9. Stern- und Netzgewölbe oder gothisches Gewölbe.

Sind die Kappen eines Kreuzgewölbes zwischen den Diagonal- und Stirnbogen-Rippen noch durch andere Rippen getheilt, welche mit jenen sternförmige Figuren bilden, so bezeichnet man das Gewölbe als Sterngewölbe; hierbei treten die Rippen als vollständig tragendes Gerüst auf, in welches die Kappen eingespannt sind, Fig. 476 und 477. Die Richtung der Rippen hängt nicht von der Lage des Schwerpunktes der zu theilenden Kappen, sondern von der gleichmässigen Theilung der Winkel ab.

In der älteren Periode hatten die Gurtbögen konstruktive Bedeutung und waren durch die Anlage der Strebebögen im Aeusseren bedingt; demgemäss erhielten sie eine grössere Stärke und kräftigere Profilirung, als die Kreuzrippen. Aber schon im 13. Jahrhundert wurde dies aufgegeben, weil die Vergrösserung für die Ausführung der Gewölbe unnütz war; die Gurtbögen wurden von da an nicht mehr wesentlich verschieden von den Kreuzrippen angeordnet.

Wird der Verlauf der Kreuz- und Scheitelrippen, wie z. B. in Fig. 478 unterbrochen, so dass sie sich unter gleichen Winkeln in zwei Nebenrippen theilen, so bildet sich das Netzgewölbe in einfachster Form. Ein Vergleich mit Fig. 480 macht den Unterschied zwischen Stern- und Netzgewölbe sehr klar. Die in Fig. 478 auftretenden Rippen *a e f*, *b g h* usw. finden ihre Erklärung in Fig. 479,

Fig. 476.

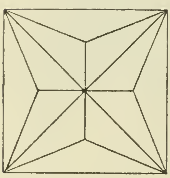


Fig. 477.

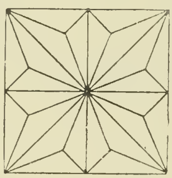


Fig. 478.

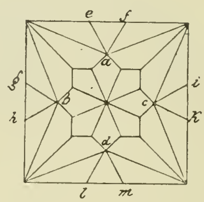


Fig. 479.

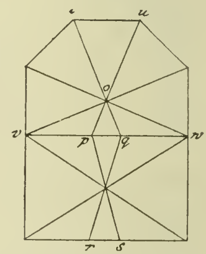
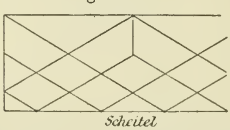


Fig. 480.



einem Chorabschluss mit daran stossendem Kreuzgewölbe. Die kurzen Rippen *o p* und *o q*, welche theilweise zur Abstützung des Scheitelpunktes *o* dienen, bedürfen der Rippen *p s* und *q r* zum Verhindern der Verschiebung des Gurtes *v w*. Das ursprüngliche Motiv wurde später auch ohne äussere Veranlassung in die Zeichnung der Netzgewölbe aufgenommen. Verschwinden Gurt- und Kreuzrippen gänzlich, so tritt das Wesen des Netzgewölbes noch deutlicher hervor.

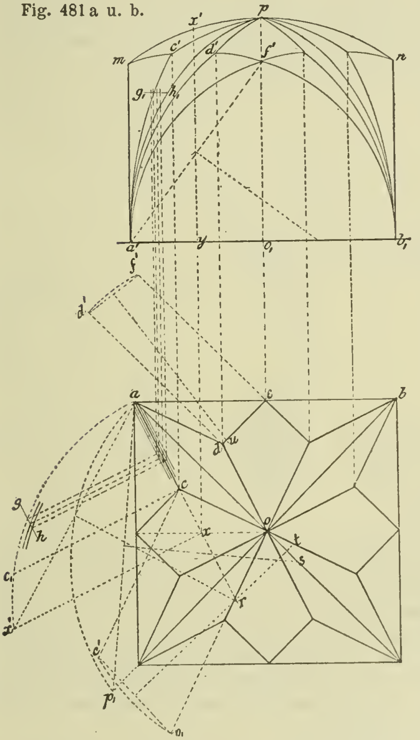
Die Eintheilung in einzelne Gewölbejoche hört somit auf und die nunmehr gleichwerthigen Rippen gehen wohl von den Pfeilern oder einzelnen Stützpunkten der Wände aus, verzweigen sich aber in den verschiedenartigsten Führungen über die ganze Wölbfläche, ohne jene in dem ganzen Schema in irgend wie bestimmter Weise zur Geltung zu bringen, wie dies z. B. im Chor des Münsters zu Freiburg, Fig. 480, der Fall ist.

Neben den mannichfachsten Zeichnungen dieser Gewölbe im Grundriss findet man auch die verschiedensten Konstruktionsweisen derselben: als Kreuzgewölbe mit oder ohne Stich, mit und ohne Busen, als Tonnengewölbe, durchbrochen von Stichkappen, als Kloster-, Kuppel-Gewölbe usw. Von den Rippen, die meist eine reich gegliederte Form erhalten, unterscheidet man (wie z. Th. schon beim Kreuzgewölbe): Gurtrippen, Kreuzrippen, Schildbogenrippen, auch wohl Scheitel- und Nebenrippen, letztere auch Liernen genannt. Bei verwickelteren Gewölben, z. B. Netzgewölben, fällt aber in der Regel jede besondere Bezeichnung der einzelnen Rippen fort; alle heissen übereinstimmend „Reihungen“ des Gewölbes. Die häufig an den Kreuzungspunkten mehrerer Rippen angebrachten, grösseren Werkstücke heissen „Knaufe“ oder auch „Schlussteine“. Der Schlusstein wird

oft als Steinkranz, besonders im Scheitel des Gewölbes, ausgeführt, dessen Oeffnung bei Thurmgewölben einen so grossen Durchmesser bekommt, dass die Glocken durch sie frei hinaufgezogen werden können.

Fast immer liegen die Durchschnittspunkte aller Rippen eines Sterngewölbes in einer Kugelfläche, wobei also sämmtliche Bögen nach gleichem Halbmesser geschlagen sind. Mithin ist die Höhe eines jeden Durchschnittspunktes der Rippen bestimmt durch diejenige des in gleicher Entfernung von dem Mittelpunkt befindlichen Punktes des halbkreisförmigen Diagonalbogens. Abweichungen davon mögen ja vorkommen; doch lassen solche sich kaum feststellen, weil man in den seltensten Fällen imstande ist, genaue Messungen vorzunehmen. Es ist somit die Ausführung der Sterngewölbe keinen erheblichen Schwierigkeiten unterworfen, da nur das Rippenwerk eine Unterstützung durch Lehrbögen erhält, während nach dessen völliger Fertigstellung die Einwölbung der Kappen, von den Kämpfern aus gleichzeitig, aus freier Hand mit etwas Busen erfolgt. Damit die Steine nicht herab rutschen, bevor der Mörtel abgebunden hat, bediente man sich schon im Mittelalter, — vergl. unter Bau der Kuppeln, S. 142, Fig. 400 — der durch ein Gewicht angespannten Schnüre.

Fig. 481 a u. b.



Bei dem Einwölben aus freier Hand ist sehr darauf zu achten, wie schon bei den Kreuzgewölben bemerkt, dass man immer Gleichgewicht in den fertigen Kappen erhält, weil es sonst leicht vorkommen kann, dass der Seitenschub einer Kappe die Rippe umwirft. Man muss also das Einwölben nach dem Ausrüsten möglichst gleichzeitig und auf allen Seiten gleichmässig mit mehreren Maurern beginnen. Wenn es irgend angeht, sind die Lehrbögen unter den Rippen bis zur Fertigstellung des ganzen Gewölbes, wenn auch „gelüftet“, stehen zu lassen.

Wohl das einfachste Verfahren zur Austragung eines Sterngewölbes ist das folgende, Fig. 481 a und b: sobald die Scheitellinien des Gewölbes im Durchschnitt gegeben sind, kennt man die Scheitelhöhen sämmtlicher Spitzbögen; man braucht deshalb nur die Form der Scheitellinie beliebig anzunehmen und kann dann sämmtliche Rippen konstruiren. Oder man nimmt, umgekehrt, die Form des Spitzbogens der Diagonalrippe und des Gurtbogens beliebig an und bestimmt dadurch die Form der Scheitellinie und somit die Scheitel der übrigen Rippen. Gewöhnlich legt man den geometrischen Ort der Mittelpunkte sämmtlicher Rippen in die Kämpferebene und lässt die Form des Scheitelbogens und der Gurtbögen, also $a' f' b'$ und $m p n$, gegeben sein, woraus sich die Diagonalrippe $a o p'$ im Grundriss darstellen lässt, indem $o p' = o' p$ senkrecht in o aufgetragen, $a p'$ halbirt wird; im Halbirungspunkte wird das Loth errichtet, welches in s, dem Mittelpunkt des Diagonalbogens, die Verlängerung von $a o$ schneidet. Die Verlängerung von $a c$ trifft die Scheitellinie in x. Die Höhe dieses Punktes wird im Schnitt $= y x'$ gefunden und in $x = xx'$ aufgetragen, x' mit a verbunden, diese Linie wieder halbirt und im Halbirungspunkt die Senkrechte bis zum

Punkte r in der Verlängerung von $a\,x$ errichtet, welcher der Mittelpunkt des Bogens $a\,x'$ wird. $a\,c'$ ist als Theil desselben durch Ziehung der Lothrechten in c zu finden und in dem Schnitt zu vergattern. Da man alsdann die Höhen sämmtlicher Schnittpunkte kennt, kann man Form und Lage der übrigen Rippen, genau wie vor, auf leichte Weise bestimmen. Bei rechteckig gestrecktem Grundriss wird dasselbe Verfahren, nur öfter, zu wiederholen sein. Um das Rippenprofil im Durchschnitt zu zeichnen, ist zunächst in die geometrische Ansicht und den Grundriss die Rippe vollständig einzutragen; darauf sind Schnitte, z. B. $g\,h$ und $g'\,h'$ in gleicher Höhe durchzulegen und die Schnittpunkte aus $g\,h$ in den Grundriss und in den Durchschnitt $g'\,h'$ zu projiziren.*) Dieses Verfahren bietet nach dem Gesagten allerdings den Vortheil, dass alle Rippen senkrecht aus der Kämpferlinie aufsteigen, hat aber den schwerwiegenden Fehler, dass sämmtliche Rippen mit verschiedenen Halbmessern geschlagen sind, was die Ausführung wesentlich erschwert, und den weiteren, dass die Rippen in ganz verschiedener und unschöner Weise aus dem Kämpfer herauswachsen, dass also in bestimmter Höhe die mit kleinerem Halbmesser gezeichnete Rippe viel weiter in den Innenraum hineinragen wird, als die mit grossem Halbmesser hergestellte.

Fig. 482.

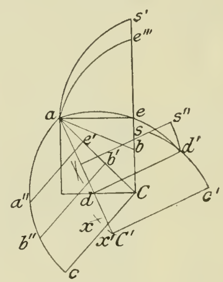
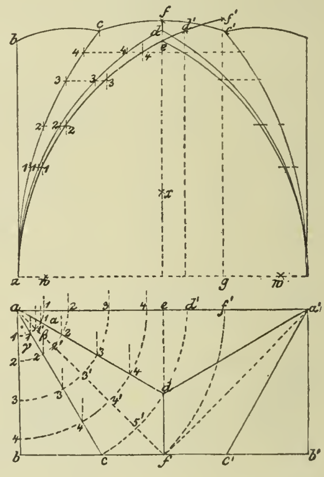


Fig. 483 a u. b.



Ungewitter**) giebt folgende Konstruktion für Sterngewölbe an, wobei sämmtliche Rippen mit demselben Halbmesser geschlagen werden und alle Schnittpunkte derselben in einer Kugelfläche liegen: es sei Fig. 482, der vierte Theil eines Sterngewölbes und der über $a\,C$ geschlagene Viertelkreis der halbe Diagonalbogen. Man trage die Entfernung des Punktes b von der Mitte C auf der Grundlinie des Diagonalbogens nach b', errichte in b' eine Senkrechte, so ist die Höhe $b'\,b''$ die des Punktes b. Ziehe ferner in b oder dem entsprechenden Punkte d eine Normale gleich der Länge $b'\,b''$ bis d', mache dann mit der Länge $a\,C$ aus a und d' den Kreuzschnitt x, so ist das der Mittelpunkt des Bogens $a\,d'$. Ebenso findet man in x' den Mittelpunkt des Bogens $d\,C$, wenn man $a\,d$ um $d\,C$ bis C' verlängert, hier ein Loth $= C\,c$ bis c' errichtet und dann aus d' und c' mit $C\,c$ Kreisbögen schlägt. Die Höhe des Schildbogens ermittelt man durch Abtragen der Länge $C\,e$ auf $C\,a$ bis e' und Errichten einer Senkrechten $e'\,a''$, welche die Höhe $e\,e'''$ des Schildbogens ergiebt usw.

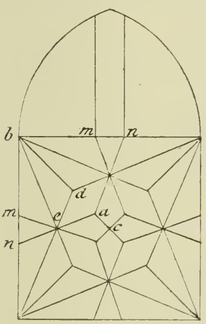
Soll die Scheitelrippe $d\,C$ sich bis zum Scheitel des Schildbogens fortsetzen, so wird sie — immer auf dieselbe Weise konstruirt — die Gestalt von $s\,d'$ erhalten. Da der Schildbogen ein sehr gedrücktes Verhältniss bekommen hat, kann man denselben auch mit der halben Diagonale als Halbmesser aus einem in der Kämpferlinie liegenden Mittelpunkt konstruiren, wonach die Scheitelrippe die Form $s''\,d'$ zeigt.

Diese Konstruktion führt zu dem Uebelstande, dass der Mittelpunkt einzelner Rippen unterhalb der Kämpferebene liegt und dieselben deshalb schräg aus dem Widerlager aufsteigen. Derselbe ist durch die Konstruktion vermieden, welche, der vorigen sonst sehr ähnlich, Gottgetreu in seinen „Mauerkonstruktionen"

*) Siehe darüber Ringleb, Lehrbuch des Steinschnittes.
**) Ungewitter, Lehrbuch der gothischen Konstruktionen.

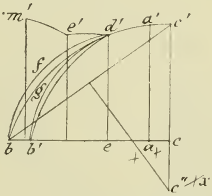
angiebt. Es sei bei einem quadratischen Raume die Scheitelhöhe des Gewölbes gegeben, wonach der Kreuzbogen ein Halbkreis, oder, wie im vorliegenden Beispiel, ein Spitzbogen sein mag, Fig. 483a und b. Beim oblongen Raum wird dieselbe Konstruktion angewendet werden können, nur dass hierbei die Rippen, und sonach auch die Scheitelbögen verschiedene Längen erhalten.

Man konstruire mit der vorgeschriebenen Scheitelhöhe $f' g$ aus dem angenommenen Mittelpunkte w im Durchschnitt und Grundriss die allerdings hier nicht vorhandene Diagonalrippe, deren Punkte 1′ 2′ 3′ usw. gleich hoch mit denen der Rippen $a\,c$ und $a\,d$ liegen müssen. Denkt man sich also $a\,f$ nach $a\,f'$ herumgeschlagen und die einzelnen Punkte nach der Diagonalrippe im Durchschnitt heraufgelothet, so findet man dort die einzelnen Punkte der Rippen als Durchschnittspunkte der Wagrechten durch 1, 2, 3, 4 mit den Senkrechten der entsprechenden Punkte der Rippen $a\,c$ und $a\,d$. Die Scheitelrippe ist durch die Höhenlage der Punkte c, f und c' bestimmt, wird aber besser als gebrochener Bogen für $c\,f$ und $f\,e'$ aus zwei Mittelpunkten mit dem Halbmesser des Kreuzbogens geschlagen, so dass sämmtliche Rippen den gleichen Radius haben. Der Busen einer Kappe muss stets für die grösste Spannweite derselben zuerst festgesetzt werden; in $b\,c$ des Querschnitts ist das geschehen. Das Verhältniss der angenommenen Busenhöhe zu den verschiedenen Spannweiten der einzelnen Gewölbefelder-Schichten muss stets das gleiche bleiben.



Eine weitere von Ungewitter angegebene Konstruktion ist, Fig. 484a und b, folgende: man setze die Gratlinien der verschiedenen Bögen $b\,e$, $e\,a$ und $a\,c$ aneinander, wobei der weiteste Weg zwischen b und c zu wählen ist, ohne dass in der Linie ein gleich hoher Punkt zweimal auftritt. Dies würde bei $b\,d\,e\,a\,c$ vorkommen, weil d und e gleich weit vom Mittelpunkte c abliegen, und würde in dem Bogen $b\,d'\,a'\,c'$ eine Unterbrechung bewirken. Man verbinde sodann b mit c', dem Endpunkt der angenommenen Scheitelhöhe, und errichte in dem Halbirungspunkte dieser Linie eine Senkrechte, welche die Senkrechte auf $c'\,c$ im Punkte c'', dem Mittelpunkte des „Prinzipalbogens" schneidet, der alle einzelnen Bogentheile über $b\,e$, $e\,a$ und $a\,c$ in sich fasst.

Fig. 484 a u. b.



Um den Bogen $d\,b$ zu finden, trage man $d\,b$ von e (e und d liegen gleich hoch) nach b' und mache aus d' und b' mit der Länge $c'\,c''$ einen Kreuzschnitt x, aus welchem der gesuchte Bogen zu schlagen ist. Die Bögen der Rippen werden nach diesem Verfahren etwas flacher, als nach dem in Fig. 482 ermittelten, wie der Vergleich des Bogens $b\,d'$ und $b'\,d'$ mit dem angefügten $b\,f\,d'$ und $b'\,g\,d'$ zeigt. Die Gestalt des Stirnbogens kann ganz unabhängig von der des Gewölbes bestimmt werden, in ähnlicher Weise wie das früher geschehen.*) Diese Konstruktion kann aber manchmal ein in statischer Hinsicht sehr mangelhaftes Ergebniss liefern.

Schon seit Ende des 13. Jahrhunderts wird in der englischen Gothik häufig jeder Bogen aus zwei Stücken zusammengesetzt, die mit verschiedenen Halbmessern geschlagen sind und zwar so, dass alle unteren Theile der Bögen denselben Halbmesser haben. Darauf fussen die nachstehenden Konstruktionen von Sterngewölben, welche Gottgetreu gleichfalls in seinen „Mauerkonstruktionen" giebt, und die den Vortheil haben, dass die Rippen gleichmässig und rechtwinklig aus den Kämpfern herauswachsen; Gottgetreu nennt das — nicht ganz richtig — „Stelzen" der Bögen. Es seien z. B. bei einem quadratischen Raume die Stirnbögen gegeben. Diese Stirnbögen sind in Fig. 485a und b aus den Mittelpunkten w geschlagen; man nimmt die Stelze $a\,y$ aus dem Mittelpunkte x an, welcher Punkt natürlich immer in der Kämpferlinie liegen muss, schliesslich auf der Verlängerung

*) Weiteres siehe in Ungewitter a. a. O.

von xy den Mittelpunkt v für die (nicht vorhandene) Diagonalrippe af bezw. $ayc'f''$, durch welche die Rippen ac wie bei Fig. 483 gefunden werden.

Bei einem rechteckig gestreckten Grundriss kann man den Spitzbogen über der kleineren Seite und die Scheitelhöhe des Gewölbes als gegeben betrachten.

Damit alle Bogenlinien normal aus ihrem Widerlager aufsteigen, ist in Fig. 486a wieder eine Stelze $x'o$ mit dem Mittelpunkt y angenommen, welche

Fig. 485a u. b.

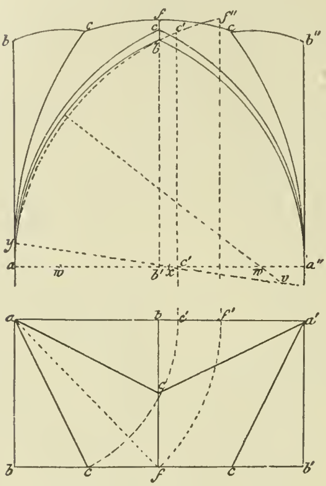


Fig. 486a u. b.

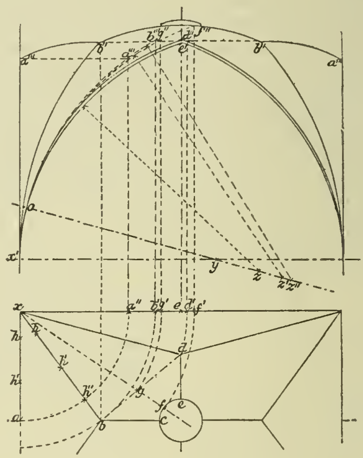
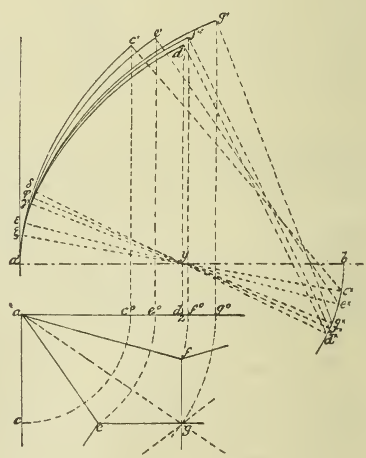


Fig. 487a u. b.



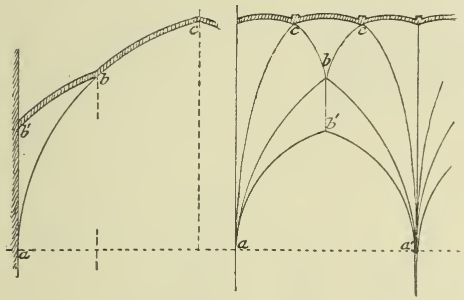
bei allen Rippen eine und dieselbe sein soll. Giebt man der Wandrippe xe im Grundriss, Fig. 486b, den gewünschten Bogen oe' mit der Stelze $x'o$, diese aus y, jenen aus dem Mittelpunkt z geschlagen, so muss man für die Hauptrippen einen Bogen wählen, in welchem Punkt b und d gleich hoch und höher als e' liegen. Dies geschieht wieder mittels jener Diagonalrippe xf, mit der Stelze $x'o$ aus Punkt z' gezogen, deren Punkt g im Grundriss gleich hoch mit b und d liegt, so dass also im Durchschnitt g'' die Höhe für die beiden Rippen xb und xd, bezw. die Punkte b'' und d'', f'' für die Scheitelbögen des Gewölbes und den Schlusskranz ist. Die Bögen sind durch Projektion leicht in den Durchschnitt einzutragen; um aber deren Form genau zu bestimmen, schlägt man z. B. xb nach xb' herum, projizirt den Punkt nach dem Durchschnitt hinauf, wo seine Höhenlage b''' genau bestimmt ist und sucht einen Mittelpunkt auf der Verlängerung der Linie oy, also z'' dessen Bogen in o mit der Stelze $x'o$ keinen Knick bildet; alles Weitere ist leicht zu finden.

Die oben gezeigte Konstruktion hatte für alle Bögen gleich hohe Stelzen, aber ungleiche Halbmesser, deren Mittelpunkte sämmtlich auf einer geraden Linie liegen, zur Voraussetzung. Viel einfacher wird die Konstruktion, wenn alle Halbmesser der Rippen gleich, aber die Stelzen ungleich hoch, wenn auch

mit einem und demselben Halbmesser geschlagen sind. Gewöhnlich nimmt man hierfür, Fig. 487 a und b, $a' y = \frac{a' b}{2}$ und zugleich $\frac{a' b}{2}$ als Halbmesser eines Kreisbogens, auf welchem sämmtliche Mittelpunkte der Rippen *c*, *e*, *g*, *f*, *d* zu liegen kommen. Es sind hier alle Rippen in ihrer natürlichen Gestalt ermittelt, deren Eintragung in den Durchschnitt nach dem Vorhergesagten keinerlei Schwierigkeiten bereitet.

In England trifft man häufig Rippengewölbe mit wagrechten Scheitellinien, wobei die Bögen der Rippen folgendermaassen zu konstruiren sind, Fig. 488: den Bogen *B i A* über der kleinen Seite des rechteckigen Raumes schlägt man etwa aus den Punkten *A* und *B* und hat alsdann die Höhe *h i* auch aller übrigen Rippen gefunden. Zu deren Konstruktion bedarf man noch des mittleren, wagrechten Querschnitts des Gewölbes, weil in demselben alle Rippen gleiche Höhe haben müssen. Zu dem Zwecke halbire man den Bogen *B i* in *t*, fälle von *t* eine Lothrechte *t o* auf *B A* und nehme die Fig. *o p q r s* als Form des mittleren Querschnittes beliebig an; dieselbe könnte auch ein einfaches Rechteck sein. Um nun beispielsweise den Bogen über *B f* zu finden, zieht man *p u* senkrecht in *p* und macht *p u* = *o t*. *u* ist der dritte Punkt des Bogens, dessen Mittelpunkt wir im Schnittpunkt *α* der Senkrechten *α a* nnd *β a* ermitteln usw. Ein Uebelstand dieser Konstruktionsweise ist der, dass die Rippen nicht rechtwinklig aus den Kämpfern aufsteigen, weil die Mittelpunkte unterhalb der Kämpferlinie liegen und dass die Halbmesser verschieden sind. Man könnte dies Gewölbe auch nach dem ersten Ungewitter'schen, oder dem in Fig. 487 erläuterten Verfahren konstruiren.

Fig. 489 a, b u. c.



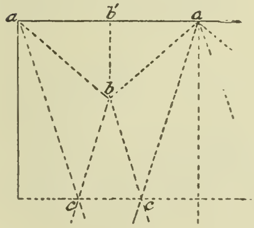
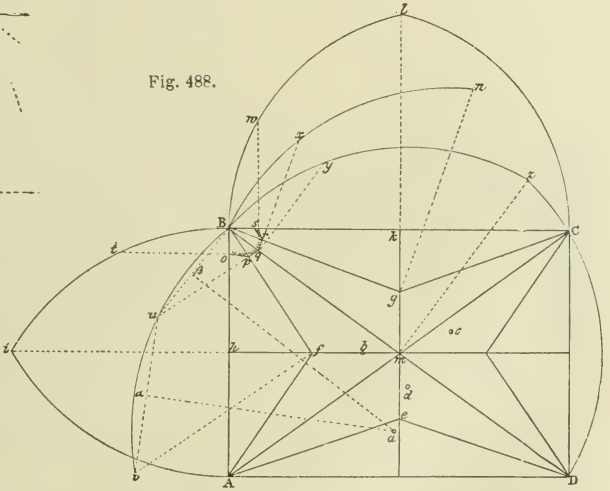


Fig. 488.

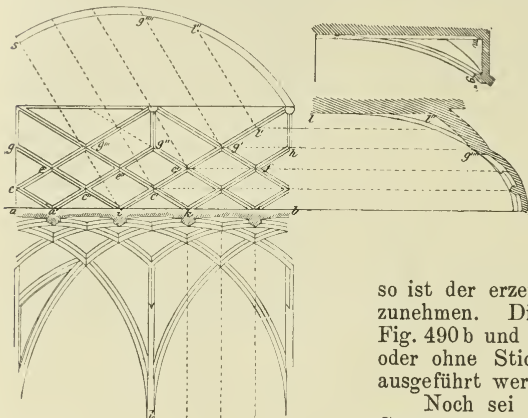


Ueber das Wesen der Netzgewölbe ist bereits in der Einleitung zu diesem Kapitel gesprochen worden. Beschränken sich dieselben in ihrer Hauptform auf das Tonnengewölbe, was meistentheils der Fall ist, so treten die Schwierigkeiten sowohl inbetreff ihrer Darstellung als auch ihrer Ausführung wesentlich zurück. Fig. 489 a, b, c zeigt ein Netzgewölbe nach spitzbogiger Tonnengewölbform mit eben solchen Stichkappen. Die Schnittpunkte der Reihungen solcher Gewölbe

lassen sich, sobald der Grundriss und Querschnitt bestimmt sind, im Längsschnitt mit Leichtigkeit finden, auch die Bögen der Rippen durch Vergatterung in einfacher Weise darstellen. Die Kappen werden nach Fertigstellung der Rippen mit leichtem Busen freihändig eingewölbt.

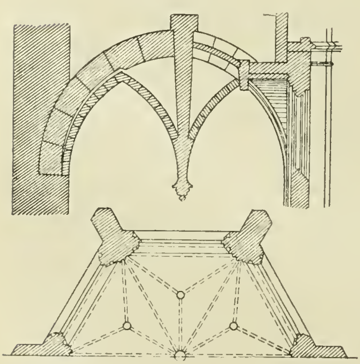
Besonders ausgesprochen ist der Charakter des Netzgewölbes in der in Fig. 490a bis d dargestellten Anlage, welche wir z. B. im Chor des Münsters zu Freiburg im Br. und in der katholischen Kirche zu Marburg finden. *a b* ist die Scheitellinie, in welcher die Punkte $a' i k$ gleich hoch liegen, wie das auch mit den übrigen Punkten c, c' und c'', e, e' und e'', g, g', $g'' g'''$ usw. der Fall ist. Man hat also nur über einer schrägen Rippe, z. B. $i c' e' g' l'$, einen Kreisbogen zu schlagen, in dem *s* den Scheitel des Gewölbes bezeichnet; dann ist die Höhenlage aller Punkte gefunden. Die Linie wird eine Ellipse mit senkrecht stehender grosser Axe. Durch Vergatterung sind alle Rippen in dem Längs- und Querschnitt festzulegen. Soll das Gewölbe halbkreisförmig sein, so ist der erzeugende Bogen als Ellipse anzunehmen. Die Stichkappen können, nach Fig. 490b und a, entweder Stich bekommen, oder ohne Stich mit wagrechtem Scheitel ausgeführt werden.

Fig. 490a—d.



Noch sei eine eigenthümliche Art von Sterngewölben, das sogen. hängende Gewölbe, erwähnt, welches, der Spätgothik angehörend, sich besonders häufig in England, seltener in Frankreich und Deutschland — hier z. B. beim Kreuzgang der Stephanskirche in Mainz — findet. Der Schlussstein ist hierbei zu einer förmlichen Hängesäule entwickelt, welche von oberhalb des eigentlichen Gewölbes gespannten Gurtbögen getragen wird, sich nach unten bis zur Kämpferhöhe fortsetzt und hier in einem schwebenden Knauf endigt. Fig. 491a und b zeigt diese Konstruktion bei der Lady-Kapelle der Kirche von Caudebec bei Rouen. Häufig ist zum Aufhängen des Schlussteins eine eiserne Stange benutzt worden.

Fig. 491a u. b.



Auch bei Sterngewölben macht man die Anfänger gern von Haustein und zwar so hoch und so weit ausladend, dass sie die einzelnen Rippensteine voll, ohne diese verhauen zu müssen, aufnehmen können. Meistens setzen sich die Rippen auf Viertel-, Halb- oder frei stehende Säulen oder Pfeiler auf; auch Kragsteine und Konsolen finden Anwendung, wenn der Innenraum nicht beengt werden soll.

Die den Pfeilern und Säulen zur Aufnahme der Gewölberippen vorgelegten, rippenartig gegliederten Dreiviertelsäulen nennt man „Dienste“. Die gothische Architektur geht mit der Konstruktion so Hand in Hand, dass es unmöglich ist, in dem für die gegenwärtige Arbeit gezogenen, engen Rahmen in nähere Einzelheiten, besonders mitbezug auf Verschneidung und Projektion der Rippen und Dienste, einzugehen. Es muss hierfür auf Ungewitter's Lehrbuch der gothischen Konstruktionen und auf Hoffstadt's gothisches *A B C* verwiesen werden.

Bei 5 m Spannweite erhalten die Hauptrippen etwa 25 cm Höhe und Breite, die Nebenrippen ebenso 25 cm Höhe, aber nur 13—18 cm Breite. Bei grösseren Spannweiten, etwa bis 7,5 m, genügen bei den Nebenrippen die oben angegebenen Stärken; die Hauptrippen werden jedoch etwa 28 cm stark und hoch. Die Stärke der Widerlager wechselt zwischen $^1/_7$—$^1/_4$ der Spannweite.

ι. Fächer- oder Trichter-Gewölbe (normännisches oder angelsächsisches Gewölbe).

Im Laufe des 15. Jahrhunderts tritt in England das genannte Gewölbe als Nachahmung der bis dahin beliebten, eigenthümlichen Holzdecken auf. Seine Laibung besteht wesentlich aus einer Umdrehungsfläche, die durch Drehung eines

Fig. 492 a u. b.

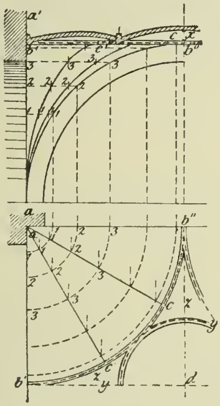


Fig. 493 a u. b.

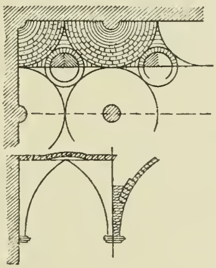


Fig. 494 a u. b.

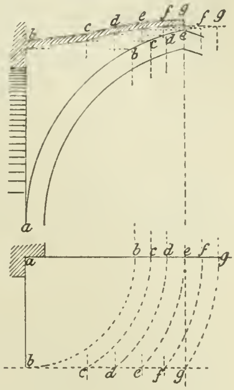
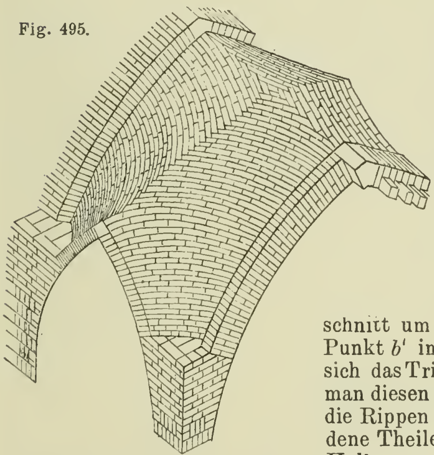


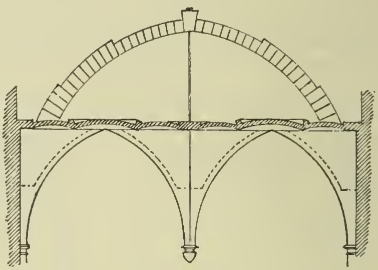
Fig. 495.



Kreisbogens um eine senkrechte Axe entstanden ist. Derselbe kann auch durch einen halben Spitz- oder Tudor-Bogen, einen Theil einer Ellipse oder eines Korbbogens ersetzt werden. Der im Scheitel entstehende Spiegel wird bei quadratischem Grundriss durch einen Kranz eingefasst und mit einem flachen Gewölbe auf Schwalbenschwanz oder einer Kugelkalotte geschlossen. Ist z. B. *ab'b''d* der vierte Theil des zu überwölbenden Raumes im Grundriss, Fig. 492 a und b, so wird der Wandbogen *ab'* im Durchschnitt um die Axe *aa'* gedreht, wodurch sich der Punkt *b'* im Scheitel über *c'* nach *b''* bewegt und sich das Trichtergewölbe *a*, *b' c'*, *c*, *b''* bildet. Zerlegt man diesen Bogen, wie das in Wirklichkeit ja durch die Rippen auch häufig geschieht, radial in verschiedene Theile, so kann man die einzelnen Punkte der Halbmesser 1, 2, 3, c mit Leichtigkeit in den Durchschnitt projiziren. Sind also die vier Ecken des quadratischen Raumes mit diesen Trichtern überdeckt, so erhalten diese durch den Steinkranz *y* ihre Verspannung, während die vier Zwickel *z* und die Rundung *d* flach eingewölbt werden, Fig. 493 a und b. Dasselbe ist der Fall, wenn ein grösserer Raum durch Säulen getheilt ist. Ueber letzteren wird dann ein vollständiger Trichter auszuführen sein, wie in Fig. 493 a u. b angedeutet. Bei rechteckig gestreckter Grundrissform lässt man die in Ecken entstehenden trichterförmigen Gewölbe sich so weit fortsetzen, bis sich die

einzelnen Schichten gegenseitig durchdringen. Die dabei entstehende Scheitellinie ist nicht geradlinig, sondern wellenförmig gekrümmt, Fig. 494a und b und Fig. 495. Die Widerlagsstärke wird zu $^1/_6$—$^1/_5$ der Spannung angenommen. Nach Art der Sterngewölbe werden bei den Fächergewölben alle jene radialen Theilungslinien mittels geformter Rippensteine und die dazwischen liegenden Felder selbständig mit sehr geringem Busen und unbedeutender Wandstärke ausgeführt. Diese Rippen sind, wie gewöhnlich, durch Lehrbögen zu unterstützen, während die Zwischenwölbung freihändig erfolgt. Bei Ziegelbau fallen die Rippen im Aeusseren häufig fort und werden nur durch Malerei angedeutet, im Inneren dafür aber vorgestreckt, um eine festere Verspannung des Schlussringes herbeizuführen. Lässt man bei einem grösseren Raume die unterstützenden Mittelsäulen fort und hängt dafür die vollständigen Trichter, wie bei den Sterngewölben erwähnt worden ist, mittels eiserner Zugstangen an starken, steinernen Bögen auf, die allenfalls auch durch eiserne Träger zu ersetzen wären, so erhält man die hängenden Trichtergewölbe, wie sie in neuerer Zeit z. B. beim Bibliothekzimmer in Schloss Babelsberg und in der Börsenhalle in Frankfurt a. M. ausgeführt worden sind, Fig. 496.

Fig. 496.



b. Topfgewölbe.

Schon in frühesten Zeiten hatte man das Bestreben, die Gewölbe so leicht wie möglich zu machen, um den Seitenschub derselben zu verringern; man verwendete aus diesem Grunde hohle Töpfe, von welchen derartige Gewölbe ihren Namen erhalten haben. Heute gebraucht man auch Hohlkörper, welche aber mit jenen Töpfen keinerlei Aehnlichkeit mehr haben. So wurden, nach Gottgetreu, beim Bau der neuen Pinakothek in München hohle Zellen, Fig. 497 a und b, aus je fünf Plättchen von gebranntem Thon zusammengesetzt, von denen vier nach Art der Dachsteine mit Nasen versehen waren, auf welchen die fünfte Platte ihr Auflager fand — jedenfalls eine etwas kostspielige Ausführung. Beim Bau des neuen Museums in Berlin verwendete man 6 seitige Hohlkörper nach Fig. 498 a, b, c. Kreuz-, Stern- und Klostergewölbe lassen sich mit derartigen Töpfen jedoch nur dann einwölben, wenn die Kehlen, Grate und Schlusssteine aus besonders geformten Steinen hergestellt werden, wie das z. B. bei dem Durchgang in der Passage Unter den Linden in Berlin geschehen ist. Hier ist die Form der Töpfe durch Durchdringung von Kreisen nach Fig. 499 a und b entstanden. Die Ausführung muss sehr sorgfältig erfolgen, weil jeder Fehler (jede nur etwas schiefe Stelluug eines Topfes) sich weiter hin fortpflanzt und vergrössert. Gleichartig sind auch die böhmischen Kappen in den Hallen der Gebäude am Halle'schen Thore in Berlin eingewölbt.

Fig. 497 a u. b.

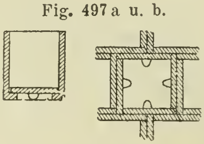


Fig. 498 a, b, c.

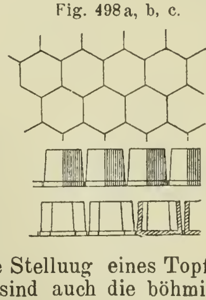
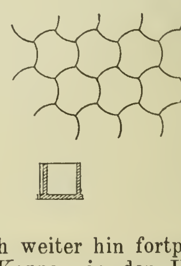


Fig. 499 a u. b.



c. Gussgewölbe.

Gussgewölbe, wie sie schon die Römer ausführten, müssen auf einem Lehrgerüst mit völliger Einschalung hergestellt werden. (S. auch das in Kapitel V c,

S. 27 und Gesagte.) Während jedoch früher die Gussmasse nach römischem Vorgange, und im Gegensatz zu den Wölbungen, in wagrechten Schichten aufgebracht und festgestampft wurde, ist man neuerdings bei den Festungsbauten von diesem Verfahren abgewichen, und schüttet und stampft den Beton in konzentrischen Ringen. Bei beiden Verfahren wird das Gewölbe ein einziger, starrer, zusammenhängender Körper; doch würde man fehl gehen mit der Annahme, dass derselbe keinen Seitenschub übe. Schon während der Ausführung, so lange der Mörtel nicht völlig erhärtet ist, wird der Seitenschub trotz des Lehrgerüstes ein ziemlich grosser sein. Er wird aber auch nach der völligen Erhärtung nicht ganz schwinden und um so mehr hervortreten, wenn durch das Trocknen der Masse, durch das Setzen usw. Risse in der Wölbung entstehen sollten. Man hat also Gewölbe- und Widerlagsstärken wie bei anderen Wölbungen zu berechnen und besonders zu beachten, dass die Lehrgerüste nicht vor dem Erhärten der Gussmasse entfernt werden, während bei Ziegel- und Hausteingewölben dieses Fortnehmen oder wenigstens „Lüften" schon früher stattfinden kann, weil jeder Stein nach Schluss des Gewölbes seine gesicherte Lage hat. (S. im Uebrigen den Haupt-Abschnitt IV dieses Bandes betr. Feuersicherheit.)

d. Graphostatische Bestimmung eines Tonnengewölbes.*)

α. Des Gewölbes selbst.

Die Gesammtbelastung des Gewölbes setzt sich zusammen: aus dem Eigengewicht der Konstruktion, dem Gewicht der Uebermauerung oder Hinterfüllung und der zufälligen Belastung; dieselbe sei symmetrisch zum Gewölbescheitel vertheilt. Die Stärke dieses Scheitels wird zunächst nach einer empirischen Formel von Rondelet, welche für die gewöhnlichen Fälle des Hochbaues genügt, bestimmt, und zwar für kreisförmige Gewölbe: $d = 0{,}346\sqrt{r}$ und für gedrückte Bögen: $d = 0{,}412\sqrt{r}$. Diese Stärke wird für die ganze Wölbung gleichmässig durchgeführt. (Es entsteht dann allerdings, wie später ersichtlich, eine verschieden grosse Beanspruchung der Fugen, die entsprechend der Zunahme der Kräfte vom Scheitel nach dem Kämpfer hin wächst. Bei gewölbten Brücken lässt man daher auch die Fugenstärke entsprechend zunehmen.) Wir denken uns nun aus dem Gewölbe einen Streifen von der Tiefe 1 herausgeschnitten und theilen diesen, wie Abb. 500 zeigt, durch lothrechte Linien in eine Anzahl am besten gleich breiter Streifen (oder von der Breite 1 des Maasstabes, wobei dann natürlich meist ein schmaler Reststreifen übrig bleibt). Um nun die Gesammtlast durch Kräfte ausdrücken zu können, die unmittelbar aus der Zeichnung abzugreifen sind, müssen die Gewichte der Uebermauerung, Ueberschüttung, sowie der zufälligen Belastung auf die Einheit des Gewölbegewichtes zurückgeführt werden. Zu dem Zwecke ist es nur nothwendig die Lothrechten zwischen oberer Gewölbelaibung und oberer Begrenzung der Uebermauerung, ferner zwischen dieser und der Ueberschüttung, sowie schliesslich auch die zufällige Belastung im Verhältniss der spezifischen Gewichte zu verkleinern oder zu vergrössern. Die Verbindungslinie der so gefundenen Endpunkte der reduzirten Ordinaten nennt man die „reduzirte Belastungslinie", (die im allgemeinen eine Kurve sein wird) die zwischen unterer Bogenlaibung und dieser Linie liegende Fläche, die nunmehr ein einheitliches Gewicht besitzt, die „reduzirte Belastungsfläche". Das Gewicht der lothrechten Streifen, in welche diese Fläche zerlegt ist, kann dann einfach ausgedrückt werden durch die Höhe der Mittellinien (wobei man davon absieht, dass die Streifen trapezförmig sind, also die Mittellinie nicht ganz genau die Schwerlinie ist) oder bei grösseren Spannweiten durch einen Bruchtheil derselben, um nicht zu grosse Kraftepläne zu erhalten.

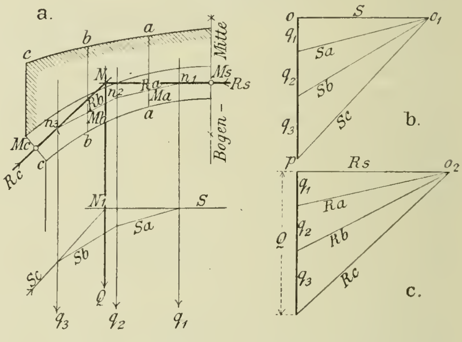
Betrachtet man nun das halbe Gewölbe, so steht dasselbe unter dem Einfluss von drei Kräften, Fig. 500, des Gewichtes Q von Gewölbe und Belastung, des Scheiteldruckes Rs und des Kämpferdruckes Rc. Bei symmetrischen Gewölben und symmetrischer Last, wie sie zumeist im Hochbau vorkommen (Ausnahmen bilden namentlich die ansteigenden Gewölbe unter den Treppen), muss der Scheitel-

---

*) Vergl. hierzu auch den Deutschen Baukalender, 1902, Theil II.

druck eine Horizontalkraft sein, die wir als den Horizontalschub des Gewölbes bezeichnen. Soll das Gewölbe im Gleichgewicht sein, so müssen sich diese drei Kräfte in einem Punkt schneiden, wir würden also ihre Grössen, da sich Q leicht ermitteln lässt, sofort bestimmen können, sobald wir die Angriffspunkte kennen. Unter den obigen Voraussetzungen können nun die Angriffspunkte von Rs und Rc auf alle Fälle in den Fugenmitten angenommen werden; wir erhalten also, sobald die Lage von Q bestimmt ist, den Schnittpunkt N, wenn wir durch Ms im Scheitel eine Wagrechte ziehen. Dann ist auch die Richtung von Rc durch die Verbindung NMc bestimmt. Q, das Gesammtgewicht der reduzirten Belastungsfläche, ist die Summe der Einzelgewichte der einzelnen lothrechten Streifen, der Lamellen. Man greife also nach obigem nun die mittleren Höhen q_1, q_2, q_3 der letzteren aus der Zeichnung ab und reihe sie zu der Gesammtkraft $op = Q$, Fig. 500 b, zusammen. Die Lage von Q bestimmt sich dann, indem wir zunächst einen beliebigen Pol o_1 (am besten in einer Wagrechten durch o), annehmen, die Seilstrahlen Sa, Sb, Sc ziehen und zu diesen in Fig. a, parallel ein Seilpolygon zwischen den lothrechten Kräften q_1, q_2, q_3 (ausserhalb des Gewölbes) konstruiren. Durch den Schnittpunkt der verlängerten letzten Seilseiten Sc u. S bestimmt sich der Punkt N_1, durch welchen die Mittelkraft, hier also Q gehen muss, die natürlich ebenfalls lothrecht ist. Nunmehr bestimmt sich nach Obigem auch der Schnittpunkt N und damit die Richtung Rc. Zieht man dann durch die beiden Enden von Q, Kräfteplan c, eine Wagrechte bezw. eine Parallele zu Rc, so sind auch die Grössen von Rs und Rc bestimmt. In gleicher Weise, wie für das halbe Gewölbe, muss auch für jede Gewölbelamelle Gleichgewicht bestehen zwischen dem Gewicht q und dem Druck auf die beiderseitigen lothrechten Seitenflächen. Der von Lamelle 1 auf Lamelle 2 ausgeübte Druck muss also durch den Schnittpunkt n_1, von Rs mit q_1 gehen (Fig. a) und parallel Ra (Kräfteplan c) sein. Er schneidet q_2 in n_2, durch welchen Punkt dann eine Parallele zu Rb als Druck von Lamelle 2 auf 3 wirkt. Man erhält schliesslich ein zwischen Mc und Rc verlaufendes Seilpolygon, dessen Strahlen jedesmal den Druck darstellen, den ein Gewölbestreifen auf den folgenden ausübt. Diese Seillinie wird zu einer stetigen Kurve, der Drucklinie, wenn die Lamellen unendlich schmal sind. Wollen wir den Druck auf die im Gewölbe wirklich vorhandenen radialen Fugen ermitteln, so müssen wir die Durchschnitte der Seilseiten mit diesen Fugen bestimmen. Die Verbindungslinie dieser Schnittpunkte ist die Stützlinie. Die Abweichung von der nach obigem bestimmten Seillinie ist aber in den gewöhnlichen Fällen so unbedeutend, dass man sich mit der Konstruktion der letzteren begnügt. Wenn daher weiterhin von der Stützlinie gesprochen wird, so ist damit dieses erstgenannte Seilpolygon gemeint. Die Pressungen werden dann für die radialen Fugen ermittelt, die man durch die Schnittpunkte Ma, Mb der Seilseiten mit den Theilungslinien der Lamellen legt.

Fig. 500.



Soll das Gewölbe standfest sein, so muss die so verzeichnete Stützlinie zunächst ganz im Inneren des Gewölbes verlaufen, sie darf sich aber auch keiner Laibung so nähern, dass die Druckbeanspruchung zu gross wird, bezw. dass Zugspannungen auf der anderen Seite entstehen. Sie muss daher im Kern, d. h. im inneren Drittel des Gewölbes bleiben. Am günstigsten wird das Gewölbe natürlich beansprucht, wenn sich die Drucklinie möglichst in ihrer ganzen Ausdehnung der Mittellinie des Gewölbes anschmiegt. An den Querschnitten, an welchen die Drucklinie nicht mit der Mittellinie zusammen trifft, tritt zu der einfachen Druckspannung $k = \frac{P}{d}$ (wo P die Grösse des Seilstrahles in kg, $d =$ Fugen-

stärke in cm) noch die Spannung aus der Beanspruchung des Querschnittes durch die exzentrische Belastung hinzu. Ist also e der Abstand des Seilstrahles von der Fugenmitte, so ist die sich hieraus ergebende Zusatzspannung $k_b = \pm \frac{P \cdot e}{W}$, wo $W = \frac{1 \cdot d^2}{6}$ das Widerstandsmoment des rechteckigen Querschnitts ist. Die Fugenpressung ist dann also $k_1 = k \pm k_b = \frac{P}{d} \cdot \left(1 \pm \frac{6\,e}{d}\right)$ d. h. die Pressung wird grösser an derjenigen Kante, welcher die Kraft zunächst liegt, kleiner an der anderen Seite.

Schwieriger gestaltet sich die Sache bei nicht symmetrischen Gewölben und Belastungen. In dem Falle haben wir im Scheitel keine Horizontalkraft mehr, sondern eine geneigte Kraft. Man wird dann durch mehrfache Versuche eine Seillinie zu finden suchen, die durchweg im Gewölbe verbleibt und nirgends zu grosse Pressungen erzeugt. Auf die Einzelheiten kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Fig. 501 a u. b.

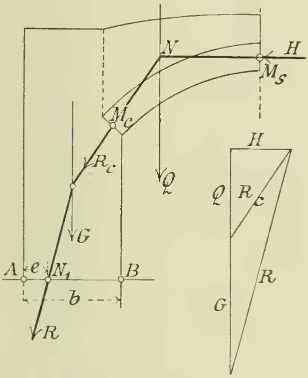
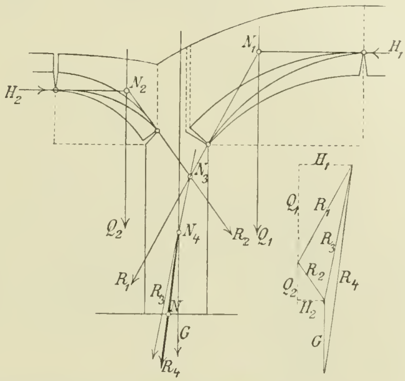


Fig. 501 c u. d.



β. Graphostatische Bestimmung des Widerlagers.

Bei der Bestimmung der Stärke der Widerlager sind End- und Zwischen-Widerlager zu unterscheiden. Erstere erhalten nur von einer Seite Gewölbeschub, Fig. 501a u. b. Dieser Schub bestrebt sich, das Widerlager um den Punkt A zu kanten, während das Gewicht des Widerlagers (einschl. etwaiger Auflast auf demselben) dem entgegen wirkt. Soll ein Kanten nicht eintreten, so muss die Mittelkraft R aus Kämpferdruck Rc und Gewicht G (die aus dem Kräfteplan b in bekannter Weise gefunden wird) die Widerlagersohle innerhalb der Fugenfläche AB schneiden. Wenn keine Zugspannungen bei B entstehen sollen, muss dieser Durchschnittspunkt N_1 im Kern, also im inneren Drittel liegen. Die Pressung ermittelt sich, wie bei dem exzentrisch belasteten Gewölbequerschnitt. Der Gewölbeschub beansprucht die wagrechten Widerlagerfugen ausserdem auf Abscheerung. Die Gefahr ist am grössten in Kämpferhöhe, wo die Auflast über der Fuge am geringsten ist. Im Hochbau kommt diese Beanspruchung des Widerlagers gegenüber der Kantungsgefahr kaum inbetracht, während man sie im Brückenbau bei Bestimmung der Mindestbreite des Widerlagers in Kämpferhöhe berücksichtigen muss.

Unter Umständen ist bei der Untersuchung der Endwiderlager auch noch eine dritte Kraft inbetracht zu ziehen, das ist der von hinten auf das Widerlager wirkende Schub der Hinterfüllungserde. Dieser ist wagrecht anzunehmen und greift in $^1/_3$ der Höhe zwischen der Erdoberfläche und der Fundamentsohle an. Er setzt sich mit R zu einer Mittelkraft zusammen, die steiler wird als R, also die Fuge AB mehr in der Mitte schneidet. Der Enddruck wirkt also günstig auf die Standfestigkeit des Widerlagers. Im Hochbau wird man daher den Erddruck meist nicht berücksichtigen, da man auch mit Freilegung des Widerlagers

rechnen muss (z. B. bei Ausführung von Nachbarbauten). Im Brückenbau rechnet man dagegen stets mit dem Erdschub, sobald man die Stärke des Widerlagers bei grösstem Schub des Gewölbes, also bei vollbelasteter Brücke (durch Verkehrslast) bestimmen will.

Bei Zwischenwiderlagern ist zu unterscheiden, ob die beiderseits anschliessenden Gewölbe bei gleicher Kämpferhöhe an Spannweite und Pfeil, sowie an Belastung gleich oder verschieden sind. Im ersteren Falle sind die Kämpferdrucke gleich und haben die gleiche Neigung gegen die Wagrechte. Ihre Mittelkraft ist also eine in der Mitte des Zwischenwiderlagers wirkende Lothrechte, die lediglich den gleichmässigen Druck auf die Fundamentsohle verstärkt. Im anderen Falle haben die Kämpferdrucke verschiedene Grösse und Neigung, schneiden sich also nicht mehr in der Mitte und geben eine gegen die Lothrechte geneigte Mittelkraft, die das Zwischenwiderlager (Pfeiler) wieder auf kanten beansprucht. Die Angriffspunkte der Kämpferdrucke in den Kämpferfugen der Gewölbe nimmt man dabei entweder in der Mitte der Fuge an, oder man macht die folgende Ueberlegung, die zu schwächeren Pfeilern führt: unter dem Einfluss der Belastung wird sich das stärker belastete Gewölbe etwas senken, wobei sich die Scheitelfuge, Fig 501c u. d. nach unten, die Kämpferfuge nach oben öffnet. Bei völlig klaffenden Fugen würde dann die Stützlinie in der Scheitelfuge durch den oberen Laibungspunkt, an den Kämpfern durch die unteren Laibungspunkte gehen (Stützlinie kleinsten Horizontalschubs = Minimalstützlinie). Dabei muss der Pfeiler eine kleine kippende Bewegung machen nach der Seite des geringer belasteten Gewölbes, wodurch dieses im Scheitel etwas angehoben wird. Hierdurch klafft die Scheitelfuge in diesem oben, die Kämpferfuge beiderseits unten, die Stützlinie geht also bei völliger Oeffnung im Scheitel durch den unteren Laibungspunkt, an den Kämpfern durch die beiden oberen (Stützlinie grössten Horizontalschubs = Maximalstützlinie). Es wird hier also der passive Widerstand des weniger belasteten Gewölbes ausgenutzt. Die Kämpferdrucke R_1 und R_2 bringt man zum Schnitt, findet im Kräfteplan die Mittelkraft R_3, bringt diese zum Schnitt mit dem Pfeilergewicht G und zieht durch den Schnittpunkt eine Parallele zu der Mittelkraft R_4 aus R_3 und G. Der Durchschnittspunkt N muss dann wieder im inneren Drittel der Pfeilersohle liegen und die Kantenpressungen dürfen die zulässige Grösse nicht überschreiten. Bis zu dieser äussersten Grenze der völligen Fugenöffnung im Gewölbe darf man jedoch nicht gehen, weil sonst ein Zerdrücken des Materials an den Durchgangspunkten der Stützlinie eintreten würde. Statt der Laibungspunkte wählt man vielmehr die entsprechenden oberen bezw. unteren Kernpunkte als Durchgangspunkte der Stützlinie.

XVI. Konstruktion der massiven Thurmspitzen (Helme).

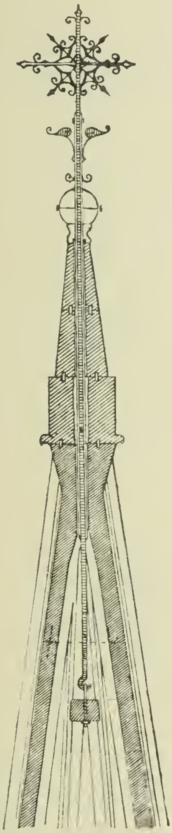
Thurmhelme können aus Quadern oder Ziegeln, oder auch aus einem hölzernen oder eisernen Gerippe hergestellt werden. Vorzüge der massiven Thurmspitzen sind:

1. Einheit des Materials, welche immer wünschenswerth ist, und hier umsomehr, als die schlanke Spitze schon nicht mehr als ein Dach angesehen werden kann; daher grössere Monumentalität und einheitlichere Wirkung des Ganzen.
2. Feuersicherheit, namentlich bei Blitzschlägen.
3. Grössere Dauerhaftigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen die Einflüsse der Witterung bei richtiger Konstruktion und gutem Material, was den Schwierigkeiten der Reparatur gegenüber besonders ins Gewicht fällt.
4. Helme aus Ziegelstein haben den besonderen Vorzug geringerer Kostspieligkeit gegenüber hölzernen und eisernen Spitzen.

Je steiler die Helme, desto widerstandsfähiger sind sie einerseits gegen Witterungseinflüsse und desto geringeren Schub üben sie andererseits auf die Mauern des obersten Thurmgeschosses, der Glockenstube, aus. Uebrigens ist diese Schubkraft wegen der geringen, für die Helmwände erforderlichen Stärke verhältnissmässig klein. Als Stärke genügt $^1/_{10}$—$^1/_9$ der Länge einer Seite der Basis, bei nicht durchlässigen Steinen allenfalls schon 12 ^{cm}, während bei porösem Material die Wandstärke wegen der Gefahr des Durchregnens mindesten 25 ^{cm} betragen muss. So finden wir an dem undurchbrochenen Helm der Liebfrauen-Kirche in Worms

eine solche von nur $^1/_{19}$, an dem durchbrochenen des Freiburger Münsters von $^1/_{15}$ der lichten Weite des Achtecks, wogegen die Mauerstärke der betr. Glockenstuben $^7/_{32}$ und $^5/_{32}$ der lichten Weite beträgt.

Als Steigungsverhältniss der Thurmspitzen nimmt man 1 : 3 bis 1 : 4 an, wobei vierseitigen Helmen stets ein schlankeres Verhältniss zu geben ist, als mehrseitigen, weil die Kanten derselben eine viel flachere Neigung erhalten, als die Seiten. Da man hierbei auch die Wandstärke etwas vergrössern muss, werden meist polygonale Helme ausgeführt.


Fig. 505 b.

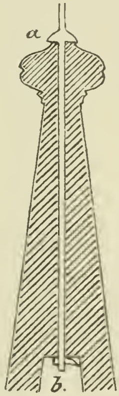


Fig. 505 a.

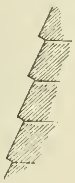
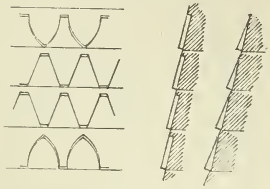
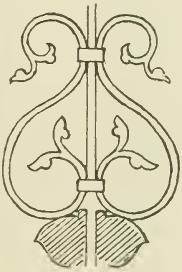
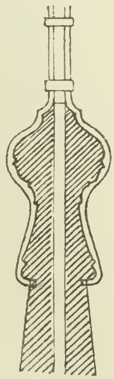

Fig. 502.


Fig. 503.


Fig. 504 a, b, c.


Fig. 507.


Fig. 508.

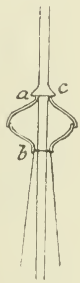


Fig. 509.


Fig. 506.

Die Fugen bei massiven Helmen liegen entweder wagrecht oder winkelrecht zur Steigungslinie. Letztere Lage ist der runden Helmform besonders angemessen, insofern durch die radiale Richtung der Stossfugen jede Schicht zu einem in der wagrechten Ebene liegenden Gewölbering wird, ähnlich wie bei Kuppeln. Es sind daher gewissermaassen die Gegensätze zwischen Wölben und Auskragen, welche die beiden Konstruktionen charakterisiren.

Die Höhe der einzelnen Schichten in Werkstein-Helmen wird nach dem gewöhnlichen Maasse der Werkstücke eingerichtet. Die in einer Schicht liegende Zahl nimmt der Verjüngung entsprechend nach oben hin ab, bis die inneren Wandfluchten in einem Punkte nahe zusammen treffen, von wo an die Spitze voll und etwa 60 cm stark wird. Die Lagerfugen der Werksteinschichten sind nach Fig. 502 und 503 gewöhnlich wagrecht gerichtet; wobei man die spitzen Winkel an den Kanten zu vermeiden hat. Besonders französische Thurmhelme finden wir nach Fig. 504a, b, c häufig mit Schuppenwerk verziert.

Zur Bekrönung dient ein Knauf entweder aus Werkstein oder aus Blei oder Kupfer getrieben; durch ihn und die ganze Helmspitze geht eine eiserne Stange, welche bei *a*, Fig. 505a, durch Verbreiterung aufsitzt und bei *b* durch eiserne Keile

oder eine Mutter gehalten wird. Die Hülse bei *a* muss mittels Stauchung des Eisens sehr sorgfältig gearbeitet sein, damit die im Knauf hier befindliche Oeffnung gegen Eindringen von Schnee und Regen gesichert wird. Diese Stange trägt oben das Kreuz, den Thurmknopf, bezw. die Wetterfahne oder den Hahn. Schwache Stangen werden gedreht, Fig. 506, um sie widerstandsfähiger zu machen, oder durch an den steinernen Knauf sich anschmiegende Fussbügen, Fig. 507, oder schliesslich durch den Knauf selbst umfassende, zangenartige, eiserne Bänder befestigt, Fig. 508. Der Knauf wird aus Blei oder Kupfer so getrieben, dass er aus zwei Hälften *a* und *b*, Fig. 509, besteht. Er legt sich an die Eisenstange an, am besten wieder unterhalb eines an dieselbe angeschmiedeten Vorsprunges *c*.*) Durch die Schwankungen der Stange bei Stürmen, welche sich dem Pyramidenmauerwerk mittheilen, wird letzteres manchmal schwer beschädigt, so dass die in Fig. 505 b dargestellte, pendelartige Aufhängung der Stange dem festen Einmauern derselben in den meisten Fällen vorzuziehen ist.

Fig. 510.

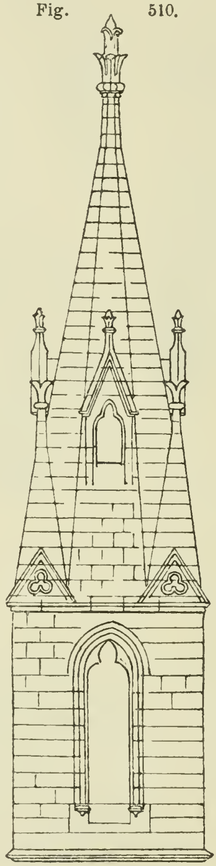


Fig. 511 a u. b.

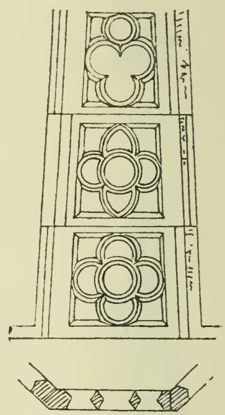
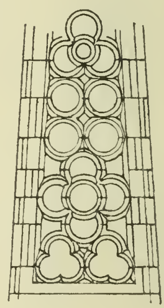


Fig. 512.



Die auf der aus glasirten Ziegeln hergestellten Pyramide ruhende Spitze der Johanniskirche in Altona ist in Granitwerkstücken ausgeführt, welche mit Bleiplatten (*b*, Fig. 521 a), versetzt und verdübelt sind. Die Fugen sind mit Kupferringen umfasst. Die Stange, oben 10 cm stark und 4 m lang, sitzt mit einem Bund auf der Oeffnung des gleichfalls in Blei verlegten, gusseisernen Kopfstückes, und hängt, in Stärke von 7 cm, 15—20 m tief in die Pyramide herab, wo sie in einem Haken endigt, an dem ein so schweres Gewicht befestigt ist, dass der Schwerpunkt von Stange und Kreuz auf etwa $^1/_3$ der Gesammthöhe in die Thurmspitze hinein verlegt wird. (Vergl. im übrigen Hauptabschnitt V., Metall-Konstruktionen des Aufbaues, Kapitel Thurmbekrönungen.)

Bei Kirchen findet sich über dem Knauf oft eine Kreuzblume von Haustein, die, wie ersterer, sorgfältig mit kupfernen Dübeln befestigt sein muss und häufig aus einer grösseren Anzahl von Werkstücken besteht, die durch schwalbenschwanzförmiges Ineinandergreifen und kräftige Verankerung zusammengefügt sind.

Eine wirksame Belebung erlangen die Helme durch überbaute Dachfenster, welche auf den Helmflächen aufsitzen und durch die lothrechte Richtung des Druckes die Standfähigkeit des Helmes vergrössern, Fig. 510, noch mehr aber durch eingesetzte, maasswerkartig durchbrochene Steinplatten, deren vornehmstes Beispiel das Freiburger Münster bietet. Einfachsten Falls würde man bei solchen Thurmhelmen viereckige Felder bilden, welche gleich einer Achteckseite sind,

*) Vergl. im übrigen unter „Blitzableiter".

und dieselben so an einander stellen, dass die Stossfugen an den Ecken wechseln, Fig. 511 a und b. Bei grösseren Abmessungen werden die Achteckseiten der Breite nach aus mehreren Stücken zusammengesetzt, jedoch immer unter der Bedingung, dass die Stränge des Maasswerkes winkelrecht von den Fugen durchschnitten werden, Fig. 512; alle Stücke sind dann in besonders sorgfältiger Weise mit bronzenen, verbleiten Dübeln und Klammern zu befestigen, oder, wie Fig. 514 bei *a* zeigt, mit Feder und Nuth aufeinander zu setzen. Häufig treten die Eckrippen dabei zur Verstärkung innen und aussen vor, Fig. 513. Das Aufsetzen der Helmspitze auf das Gemäuer der Glockenstube zeigt Fig. 514 im

Fig. 513.

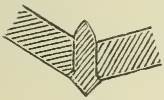


Fig. 514.

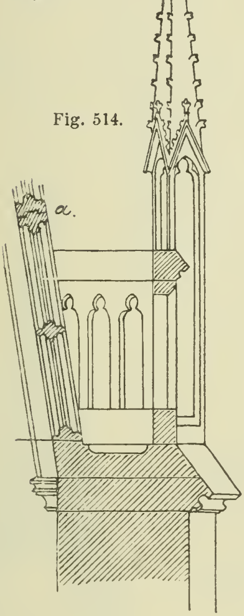


Fig. 515.



Fig. 516 a u. b.

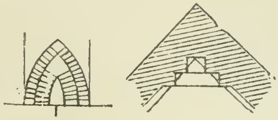


Fig. 517.

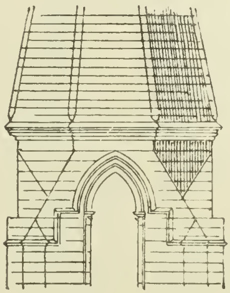
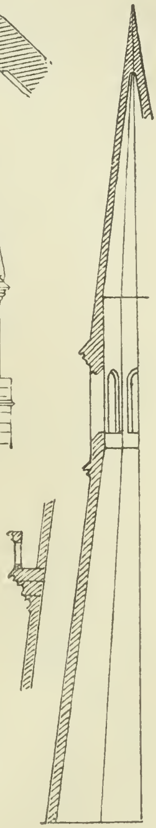


Fig. 518 a, b.



Durchschnitt, wobei auch noch ein Umgang um die Pyramide angeordnet ist. Bei vollen Pyramidenwänden lässt man auch wohl die Innenseiten der Glockenstuben-Mauern senkrecht aufsteigen, Fig. 515, bis dieselben die ersteren schneiden.

Der Uebergang aus dem Viereck in das Achteck kann konstruktiv auf verschiedene Weise erfolgen, wie das z. B. schon beim Klostergewölbe gezeigt worden ist. Eine ähnliche Anordnung ist in Fig. 516 a und b dargestellt. Wie man dabei im Aeusseren verfahren kann, lehrt beispielsweise Fig. 517. In England und Amerika liebt man es, die achteckige Pyramide in einfachster Weise auf eine viereckige zu stülpen. Aus Fig. 517 ersieht man, dass die hervortretenden Rippen, behufs Verstärkung des Eckverbandes, auch an undurchbrochenen Spitzen verwendet werden.

Manchmal wird der Helm durch einen ausgekragten Umgang, Fig. 518 b, oder durch Anlage eines mit Fenstern durchbrochenen Zwischen-Geschosses, Fig. 518 a, in einer beliebigen Höhe in zwei Abtheilungen geschieden. Dabei kann die Stärke der Mauern des lothrechten Zwischen-Geschosses eine grössere sein, als die der unteren Helmwände; sie muss hinreichen, um dem Schub der oberen Pyramide zu widerstehen. Die Stärken der beiden Helmtheile ergeben sich aber aus ihren Abmessungen, so dass also die Stärke der oberen geringer sein kann, als die des unteren.

Die Herstellung der Helme in Ziegelmauerwerk folgt im wesentlichen denselben Grundsätzen, bedarf aber nur einfacherer Anlage und Einzelausbildungen. Der Konstruktion nach hat man drei verschiedene Ausführungsweisen:

1. die Steine werden wagrecht vermauert und sind an der Aussenseite nach der Schräge des Helmes gemessert; die beste aber kostspieligste Art, weil durchweg Formsteine gebraucht werden, Fig 519a.

2. Die Steine werden nach innen ausgekragt, liegen also auch wagrecht und zeigen eine durch die Ziegeldicke gebildete treppenartige Umrisslinie, welche übrigens bei hohen Thürmen, infolge der aus der steilen Richtung sich ergebenden, unbedeutenden Stufenbreite, von unten kaum zu bemerken ist. Immerhin wird der Absatz bei einer Steigung von 1 : 4 oder 1 : 5 schon 7—8 mm breit, so dass sich die Feuchtigkeit längere Zeit auf den Abtreppungen hält und schädlich wirkt, Fig. 519b.

3. Die Steine liegen senkrecht zur Neigungslinie, Fig. 519c. Eigentlich müssten die Ecksteine hierbei unten einen Grad und oben eine Kehle erhalten, Fig. 520; doch ist das bei der Steilheit des Helmes nicht erforderlich, da die Unregelmässigkeit durch die Mörtelfuge ausgeglichen werden kann.

Fig. 519.

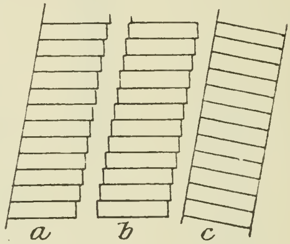


Fig. 520.

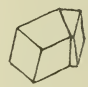


Fig. 521a.

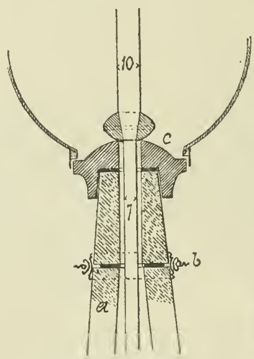
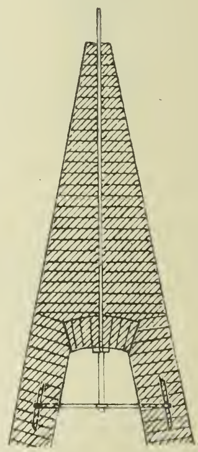


Fig. 521b.



Die Endigung wird voll gemauert und die Bekrönung entweder durch ein aufgesetztes Werkstück, oder einen Aufsatz aus gebranntem Thon, oder endlich nur durch die den Fuss der Eisenstange umkleidende und die Fuge umschliessende, bleierne, kupferne oder gusseiserne Hülse gebildet, Fig. 521a und b. Fig. 522a, b, c, d zeigt die Spitze der Kirche in Lauenburg, deren Stange aus vier zusammengenieteten Winkeleisen hergestellt ist. Am unteren Ende derselben ist eine Rolle angebracht, um Rüstmaterial usw. bei Reparaturen der Pyramide hinaufziehen zu können. Demselben Zwecke dienen am Aeusseren vier Haken. Der Knopf nebst Zubehör ist aus Kupfer getrieben.

Eine Verzierung der Flächen ergiebt sich in einfachster und angemessenster Weise durch ein aus verschiedenfarbigen Ziegeln gebildetes Muster. Durchbrechungen der Helme können als Dachluken, schlitzartig oder nach Kreis-, Dreipass- oder Vielpassformen hergestellt werden, Fig. 523. Eine völlige Durchbrechung mit Maasswerks-Formen ist jedoch nicht räthlich, wenn auch ausführbar (Kirche in Lauban in Schlesien), weil einzelne Stücke leicht durch Frost zerstört werden und oft auch nur eine kleinliche architektonische Wirkung erzielt wird; endlich wegen der schwierigen Verbindung der einzelnen Theile durch Mörtel und Eisen.

Vorzüglichkeit des Materials ist bei Thurmbauten erste Bedingung und darum sind dazu besonders gute, glasirte und bereits auf Wetterbeständigkeit erprobte Steine zu empfehlen. An dem blauen Thurm in Lübeck, aus dem 15. Jahrhundert stammend, haben sich die schwarzglasirten Ziegelschichten bis heute vorzüglich gehalten, während die unglasirten bis auf die Tiefe von mehreren Centimetern verwittert sind. Vor der Verwendung von Lochsteinen, auch nur zur Verblendung, ist zu warnen.

Fig. 522 a—d.

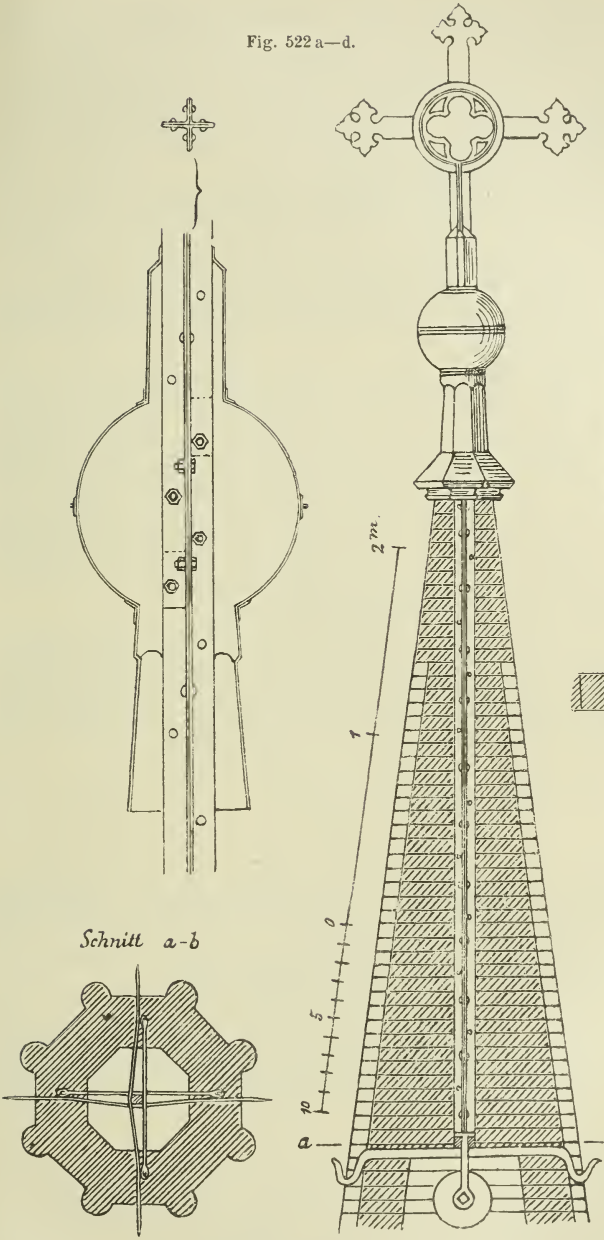


Fig. 523.

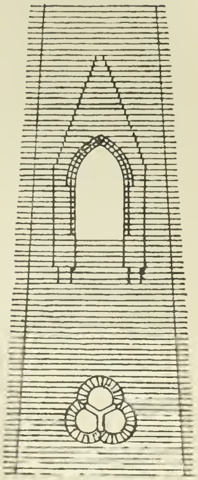


Fig. 524.

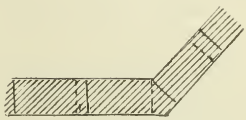


Fig. 525.

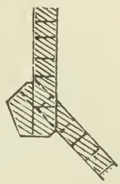
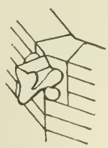


Fig. 526.



Zur Ausführung der Kanten sind besonders geformte Steine nothwendig, Fig. 524, welche auch durch einen vortretenden Stab oder eine grössere Rippe verstärkt sein können, wie Fig. 525 zeigt. Zu einer reicheren Verzierung der

Kanten dienen auch Laubbossen, deren Werkstücke nach Fig. 526 entweder den Rippen oder den Kanten rippenloser Helme in gewissen Abständen eingefügt werden.

Um Reparaturen ausführen zu können, dürfen aussen an der Pyramide nie verzinkte Steigeisen, wie bei den Schornsteinen, fehlen; innen genügen die Rolle oder ein paar Quereisen. Bei der Ausführung ist vor allem grosse Sorgfalt inbezug auf vollkommene Ebenheit der Flächen und Geradlinigkeit der Grate nothwendig und deshalb die Herstellung einer Rüstung kaum zu umgehen, schon wegen des Aufbringens des Thurmknopfes usw.

Sicherheitsmaassregeln, wie Anker, Eckgrate, Abstumpfung der Ecken und wagrechte Gurtungen im Inneren sind überflüssig, weil ein Bestreben des Helmes nach Ausbauchung nicht vorliegt und das Gewicht der Spitze nur einen lothrechten Druck auf das am Fusse befindliche Mauerwerk ausübt. Dagegen ist um so mehr eine kräftige Verankerung der Glockenstube zu empfehlen, nicht allein gegen einen Schub der Spitze, als gegen ungleiche Senkungen und Erschütterungen durch Stürme und Glockenschwingungen, zumal bei mangelhafter Konstruktion oder Ausführung der Glockenstühle.

Kann man zum Mauern nicht genügend Wasser herbeischaffen, so ist die Verwendung von Zementmörtel zu vermeiden. Dagegen ist ein Zementzusatz zum Kalkmörtel, etwa 1 Th. Zement zu 1 Th. Kalk und 6 Th. Sand anzurathen.

Sind die Thurmspitzen allseitig geschlossen, so findet die aus dem unteren Theile des Thurmes aufsteigende wärmere und oft mit Feuchtigkeit höher als die Aussenluft beladene Luft keine Gelegenheit zum Austritt und wird dann bei der Abkühlung einen entsprechenden Theil ihrer Feuchtigkeit an der Innenseite des Mauerwerks niederschlagen. Da die dauernde Feuchtigkeit die Haltbarkeit des Helmes sehr gefährden kann, ist eine Forderung von grosser Wichtigkeit, dass durch geeignete Vorkehrungen für einen ausreichenden Luftwechsel zwischen der Innen- und Aussenseite des Thurmhelmes gesorgt werde.

Interessant ist die Ausbildung der Thurmspitze der St. Georgen-Kirche in Berlin. Hier ist der Kostenersparniss wegen die äusserlich als massiver Helm erscheinende Thurmspitze in Eisen hergestellt und mit Sandsteinplatten verkleidet, die sich mit Falzen auf wagrechten L-Eisen stützen und am unteren Ende über die nächste, tiefer liegende Platte etwas übergreifen, damit keine Feuchtigkeit in die Fugen dringt, die ausserdem noch mit Kupfer gedichtet sind.

XVII. Steinerne Treppen.

a. Allgemeines.

Treppenmaterialien sind hauptsächlich Holz, Stein und Eisen; häufig findet man dieselben neben einander an einer und derselben Treppe verwendet. Neuerdings werden auch vielfach Treppen aus Beton hergestellt.

Man unterscheidet zunächst Freitreppen von inneren oder Haustreppen, bei letzteren wieder Haupt-, Neben-, Keller-, Boden-Treppen usw.

Zu beachtende Erfordernisse für brauchbare Treppenanlagen sind:

1. bequemes Besteigen; 2. hinlängliche Breite; 3. angemessene Zahl von Ruheplätzen (Podesten); 4. genügende Tragfähigkeit; 5. möglichste Feuersicherheit; 6. fest angebrachte Geländer und 7. genügende Beleuchtung. Der eine oder andere dieser Punkte tritt je nach der Bestimmung der Treppe mehr oder weniger in den Vordergrund.

Die einzelnen Theile einer Treppe sind:

1. die Wangen;
2. die Trittstufe, d. h. der Theil der Stufe, welcher vom Fuss betreten wird;
3. die Setz- oder Futterstufe;
4. die Blockstufe, eine aus vollem Material gearbeitete Stufe, die also nur aus einem Stück besteht;
5. der Antritt (die unterste Stufe);
6. der Austritt (die oberste Stufe);

7. die Steigung, d. i. der senkrechte Höhenunterschied zwischen zwei Trittstufen (das Verhältniss der Breite der Trittstufe zur Höhe der Setzstufe nennt man Steigungsverhältniss);

8. der Auftritt, der wagrechte Abstand der Vorderkante der einen Stufe bis zur Vorderkante der nächsten;

9. das Podest;

10. der Treppen-Lauf oder -Arm, eine ununterbrochene Reihenfolge von Stufen zwischen Auftritt und Podest, zwischen zwei Podesten usw.; hiernach unterscheidet man ein- oder mehrarmige Treppen;

11. das Treppengeländer mit Traillen oder Gitter, mit Handgriff (Handleiste); endlich

12. das Treppenhaus.

Inbezug auf die Konstruktion unterscheidet man freitragende oder unterstützte Treppen, ferner gerade Treppen, im Gegensatz zu den ein- oder mehrmals gebrochenen, deren Läufe gewöhnlich an einem Podest ihre vorherige Richtung, meist unter einem Winkel von 90° oder 180° verlassen. Sind statt der Podeste sogen. Winkelstufen angeordnet, so entsteht die gewundene Treppe. Erhält die Treppe eine bogenartige, runde oder elliptische Windung, so heisst sie Wendeltreppe, während bei ganz geschlossenem Kreise sich die Spindeltreppe ergiebt. Aus den einfachen Formen setzen sich oft verwickelte zusammen. In grösseren Gebäuden finden wir die Doppeltreppen, welche entweder in einem Laufe anfangen und mit zwei endigen, oder umgekehrt.

Für das Verhältniss der Steigung zum Auftritt hat man verschiedene Regeln aufgestellt, von denen die bekanntesten sind:

$$h + b = 43^{\text{cm}},$$
$$2h + b = 60\text{—}64^{\text{cm}} \text{ (gewöhnlich } 63^{\text{cm}}),$$
$$\tfrac{4}{3}h + b = 52^{\text{cm}} \text{ und}$$
$$1\tfrac{1}{2}h + b = 54{,}5^{\text{cm}}.*)$$

Der Auftritt wird bei der Ausführung meist durch das vortretende Stufenprofil vergrössert. Uebrigens wählt man für Prachttreppen die Steigung 12—14 cm, für Haupttreppen 14—17 cm, für Nebentreppen usw. 17—20 cm und sogar 22 cm. Für Haupttreppen mit starkem Verkehr ist eine Steigung von 16,5 cm bei einer Stufenbreite von 30 cm am meisten angebracht. Nur für mehr als 3 m breite Treppen, besonders wenn mehr als 15 Steigungen in einem Lauf ohne Podest angeordnet sind, sowie bei Freitreppen ist eine Ermässigung der Steigung bis auf 15 cm, bei 32 cm Breite des Auftritts, anzurathen.

Aus der Zahl der Steigungen einer Treppe ergiebt sich die Zahl der zugehörigen Auftritte und hieraus der Raum im Grundriss, den man für die Treppenanlage braucht. Da die Austrittsstufe in der Fussboden-Gleiche liegt, beträgt die Anzahl der Auftritte stets einen weniger, als die Anzahl der Steigungen. — Man zeichnet jede Treppe in dasjenige Geschoss des Grundrisses ein, in welchem die erste, unterste Stufe derselben liegt. Bei der Eintheilung der Stufen, behufs Bestimmung der Grösse des Treppenraumes, beginnt man mit dem höchsten der Geschosse, weil dort die meisten Stufen untergebracht werden müssen. Ist dieses z. B. das erste Geschoss, so giebt man den Stufen des Erdgeschosses dasselbe Steigungsverhältniss, während man dies Verhältniss in den oberen Geschossen günstiger, also die Stufenhöhe geringer und den Auftritt breiter gestalten kann, weil beim Ersteigen der Treppe mit Zunahme der zurückgelegten Strecke Ermüdung eintritt. Die oberen Geschosse sind gewöhnlich niedriger als die unteren, bedürfen also nur eines Treppenhauses geringerer Grösse, weshalb sich hier die günstigere Gestaltung des Steigungsverhältnisses leicht erreichen lässt.

Es empfiehlt sich, die Geschosshöhen der Gebäude nicht willkürlich nach abgerundeten Maassen zu wählen, sondern dieselben nach den Stufenhöhen zu bestimmen, damit man diese nach Belieben in allen Geschossen gleichmässig annehmen und unangenehme Bruchtheile vermeiden kann.

---

*) Näheres hierzu vergl. unter Hauptabschnitt III, Zimmerarbeiten.

Die Podestbreite ist im allgemeinen so anzuordnen, dass sie mit der Schrittweite = 60 cm im Einklang steht und man nicht zum unbequemen Schrittwechsel genöthigt wird. Meist aber haben die Podeste eine Länge = der Breite des Treppenhauses und eine Breite = der des Treppenlaufes; oder sie liegen in den Ecken, wobei sie quadratisch und durch die Breite des Treppenlaufes bestimmt werden. Bei gewundenen Treppen muss die normale Auftrittsbreite sich in der Mitte der Stufe befinden; es muss also, Fig. 527, $df = ac$ sein. Dabei darf die Breite bei *o* nicht zu gering ausfallen. Winkelstufen müssen möglichst vermieden werden. Das geringste Breitenmaass für einen Treppenlauf ist 60 cm, was gerade noch für eine Person ausreicht. Sollen sich zwei Personen begegnen können, so gebraucht man mindestens die Breite von 1,10—1,20 m. Keller- und Bodentreppenläufe werden häufig nur 0,85—1 m breit gemacht, was aber den Transport grösserer Gegenstände über dieselben erschwert. Zwischen je zwei Treppenabsätzen sollen in der Regel nicht weniger als drei und nicht mehr als 18 Steigungen angeordnet werden. Ausnahmen sind nur bei untergeordneten Treppen zulässig. Bei Doppeltreppen sollte die Summe der Breiten der zwei Läufe stets das $1^1/_2$ fache des Mittellaufes betragen, weil bei grösserer Breite sich eine etwaige Ansammlung von Menschen am Mittellauf stauen würde.

Fig. 527.

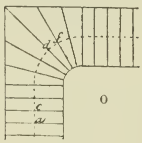


Fig. 530a, b.

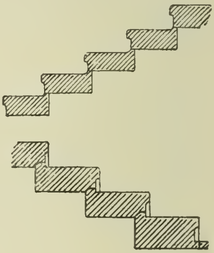


Fig. 528a, b, c, d.

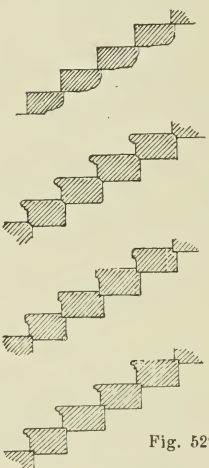


Fig. 530c.

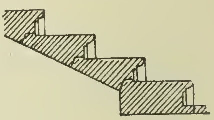


Fig. 531.

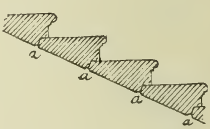


Fig. 529a u. b.



Die Unterstützung von Treppen kann durch Untermauerung der Stufen, durch Unterwölbung, durch Wangen und durch Mauerbögen erfolgen. Bei freitragenden Treppen ist dagegen zu unterscheiden, ob die Stufen nur mit den Enden in der Mauer ihr Auflager erhalten, oder sich um eine Spindel winden. Bei untermauerten Hausteintreppen, z. B. Freitreppen, wählt man für die Stufen wohl den einfachen, rechteckigen Querschnitt, wobei die Untersichten roh bleiben, Fig. 528a; die Stufen übergreifen einander um 3—4 cm, Fig. 528a und b. Sind die unteren Seiten sichtbar, so müssen dieselben natürlich bearbeitet werden. In der Konstruktion nach 528c und d ist jedes Verschieben der Stufen unmöglich gemacht, auch eine verschiedene Profilirung des Auftritts gegeben. Man hat sich zu hüten, solche sehr scharf ausladen zu lassen, Fig. 529a, muss sie vielmehr möglichst rund gestalten, um sonst leicht vorkommende Beschädigungen des Profils zu verhüten, Fig. 529b. Soll das Eindringen von Wasser in die Fugen verhindert werden, so wählt man die Verbindung nach Fig. 530a und b, wodurch aber die Ausführung theurer wird. Fig. 530c zeigt dieselbe Ausführung bei dreieckigen Stufen, die häufig, ebenso wie nach Fig. 531, bei Treppen mit freier Untersicht vorkommen, wobei die Kanten *a* als gegliederte Fugen abgefast werden. Das Profil ist an beiden Enden der Stufen heruntergeführt. Dieselbe Form erhalten die Stufen meist auf Wölbungen; nur dass die Untersichten derselben rauh bleiben, Fig. 532a, und die Aneinanderfügung eine einfachere sein

kann. Bei den Haupttreppen der Wiener Hofmuseen, Fig. 532b, ist auch die Futterstufe profilirt, was den doppelten Vortheil gewährt, dass der Fuss einen breiteren Auftritt hat und er weniger mit der Stiefelspitze den weissen Marmor berührt, wodurch dieser unsauber und unansehnlich wird. Um eine festere Einmauerung der Stufen zu ermöglichen und eine grössere Tragfähigkeit zu erreichen, giebt man denselben auch wohl einen dreieckigen Kopf, während man die Endigung an der Mauerseite rechteckig gestaltet, so dass sie unten windschiefe Ebenen zeigen, Fig. 533. Des besseren Aussehens wegen und auch um mehr freie Höhe zu gewinnen, erhalten Hausteinstufen oft an der Untersicht ein Profil nach Fig. 534, wobei aber die eingemauerten Enden rechteckig bleiben.

Sandsteinstufen versieht man, weil sie sich leicht austreten, oft mit einem Holzbelag, der hinten in den Falz *m*, Fig. 535, eingeschoben, vorn auf einen eingegipsten Dübel geschraubt wird. Bei Ziegelsteintreppen ist dasselbe der Fall.

Fig. 532a.

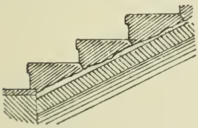


Fig. 533.

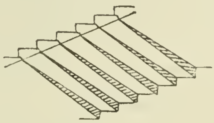


Fig. 538a u. b.

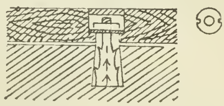


Fig. 532b.

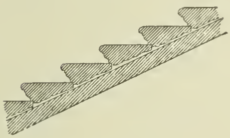
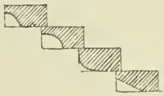


Fig. 534.



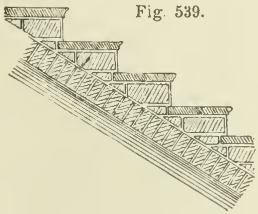


Fig. 539.

Fig. 536.

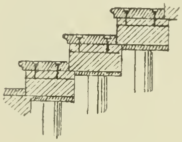


Fig. 535.

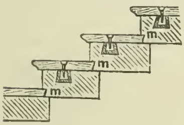
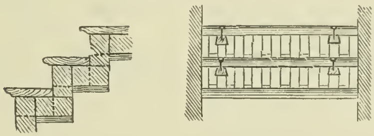


Fig. 537a u. b.



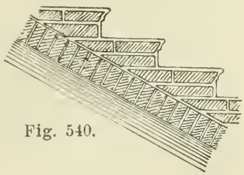
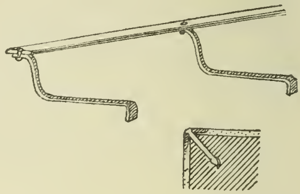


Fig. 540.

Ruhen deren Stufen nicht als Rollschicht auf Gewölben, so besteht jede für sich aus einem scheitrechten Bogen, wobei natürlich ein Widerlager zu beiden Seiten erforderlich ist. Bei der Konstruktion, Fig. 536, kann man höchstens eine Steigung von 13 cm erhalten. Besser ist deshalb die Anordnung nach Fig. 537a und b, worin die punktirten Linien den Verband der zweiten Schicht andeuten; besonders oft werden Kellertreppen so hergestellt. Bei der Ausführung muss jede Stufe einzeln für sich unterstützt werden, Fig. 536. Vor dem Verlegen ist der Holzbelag mehrmals stark mit Leinöl zu tränken, damit er sich nicht werfe. Besser als das meist gebräuchliche Einlassen von Dübeln, ist das Befestigen von Steinschrauben in den Stufen mittels Zementes oder Bleies zum Aufschrauben des Belages. Das für die Verschraubung ausgeschnittene Loch wird später mit einer runden hölzernen Scheibe geschlossen, Fig. 538a und b. Auf gewölbten Treppen ist die Konstruktion sehr einfach. Der Belag greift hinten wieder etwas unter die

Rollschicht, damit er fest liegt, Fig. 539, und wird bei untergeordneten Treppen hier auch manchmal mit Bankeisen befestigt. Soll das nicht geschehen, so ist ein langer Dübel einzugipsen, an welchen die Belagstufe zweimal geschraubt werden kann, Fig. 536. Oft werden die gemauerten Stufen auch mit Zement geputzt, Fig. 540, eine nicht sehr haltbare Ausführung. Kunststeinstufen (aus Beton oder Dachsteinen in Holzformen hergestellt) sind dem entschieden vorzuziehen. Solche Stufen erhalten die Form der gewöhnlichen Blockstufen und werden, damit sie leicht sind, auch hohl ausgeführt; oder man verwendet zu ihrer Anfertigung Lochsteine. Besonders bei Bränden haben solche Stufen eine weit grössere Haltbarkeit bewiesen, als Granitstufen.

Fig. 541 a u. b.



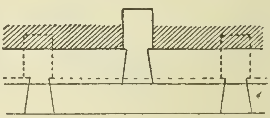
In Kasernen, Schulen usw. erhalten die Trittstufen vorn mitunter eine Eckbesäumung mit Schienen oder Eisen gegen Abnützung; die Befestigung geschieht mit kleinen Ankern oder Steinschrauben, Fig. 541 a und b.

b. Durch Untermauerung unterstützte Treppen.

Dieselben kommen nur am Aeusseren der Gebäude als Freitreppen, im Inneren untergeordneter Gebäude oder, mit nur wenigen Stufen, in Vorhallen usw. vor. Freitreppen müssen besonders gut gegründet sein. Die Stufen sind mit Quergefälle von etwa 0,5 cm zu verlegen, damit das Wasser gut abläuft. Die mit Zement gedichteten Fugen frieren leicht aus, weshalb man sie häufig mit Blei vergiesst, welches aber nicht nur anfangs, sondern auch wiederholt später verkeilt werden muss, weil sich immer von Neuem durch die Einwirkung von Hitze und Kälte die Fugen öffnen. Um ein Verschieben aus derselben Ursache zu verhindern, verwendet man manchmal schwalbenschwanzförmige Ankersteine, Fig. 542. Bei der grossen Freitreppe am Kollegienhause der Universität Strassburg hat man den schwalbenschwanzförmigen Theil der Bindersteine eingemauert und die über einander liegenden Steine durch Falzung mit einander verbunden, Fig. 543 a, b, c, wodurch nicht die anschliessenden Läufer der gleichen Stufenreihe, sondern die darüber liegenden der nächsten festgehalten werden. Da hier nur für je zwei Läufer ein Binder nothwendig wird, vermindert sich die Anzahl der Stossfugen wesentlich.*) Um an Fundamentmauerwerk zu sparen, legt man gemauerte Zungen an und stützt die im mittleren Theile freitragenden Stufen nur an beiden Enden. Granitstufen können in dieser Weise 2—3 m frei liegen, Sandsteinstufen jedoch nur 1,25—2 m je nach dem Stufenprofil und der Festigkeit des Materials.

Die Stirnseiten der Freitreppen bestehen entweder auch aus Stufen, Fig. 544 a, oder sie sind durch Wangen begrenzt, Fig. 544 b. Bei schmalen Freitreppen ist im letzteren Falle nur die unterste Stufe, Fig. 545, fest zu untermauern, während die übrigen mit den Enden auf Fundamentabsätzen der Wangen, sonst aber freiliegen. Sind die Freitreppen hoch, so dass die Untermauerung grosse Kosten verursachen würde, so kann man die Stufen auch durch Unterwölbung tragen lassen. Diese kann imganzen durchgehen oder auch aus einzelnen Mauerbögen zur Unterstützung der Stösse der Stufen bestehen, Fig. 546 a und b.

Fig. 542.



Der Fussboden einer Vorhalle muss etwa um 1,5 cm tiefer liegen, als die Schwelle der Hausthür, um Anschlag für diese zu gewinnen. Es ist auch vortheilhaft, diese Schwelle etwas höher zu legen, als das Podest der Freitreppe, oder diesem wenigstens Gefälle nach aussen zu geben, damit das Regenwasser nicht in das Gebäude eindringen kann. Befinden sich unter der Freitreppe Kellerfenster, so kann man die Stufen ausarbeiten, wie in Fig. 547 a und b, um etwas Licht zu gewinnen.

*) Deutsche Bauzeitung, Jahrg. 1886, S. 314.

Auch Rampen sollen mitunter treppenartig für einfache oder doppelte Schrittweite, auch zum Hinaufreiten, angelegt werden, Fig. 548, sogen. „romanische Treppen".

Haustreppen einfachster Art erhalten in der Mitte eine zungenartige Scheidemauer, auf welcher die Stufenköpfe fest aufruhen und welche deshalb mindestens die Stärke von 25 cm haben muss, Fig. 549a.

Die Podestplatten sind, sofern sie aus zwei Stücken bestehen, in der Mitte zu überfalzen, und durch zwei Träger *a a*, oder durch einen Mauerbogen nach *b c* zu unterstützen, Fig. 549b. Allenfalls genügen hierzu auch zwei Kragsteine bei *b* und *c*, wie in Fig. 549c angedeutet. Mauerbögen in der Richtung von *c d* sind nur dann unvermeidlich, wenn das Podest eingewölbt werden soll, wie das in der Figur an der Korridorseite der Treppe geschehen ist.

Fig. 543 a, b u. c

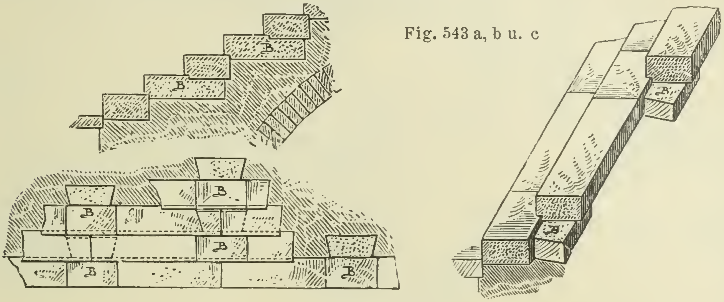


Fig. 544 a u. b.

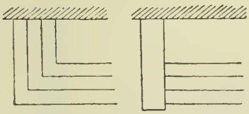


Fig. 545.

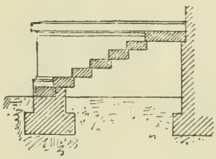


Fig. 546 a u. b.

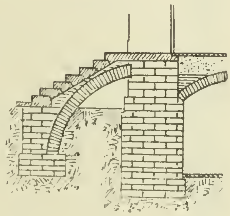


Fig. 547 a u. b.

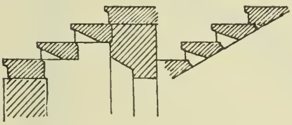
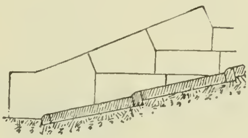
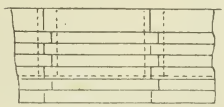


Fig. 548.





c. Durch Unterwölbung unterstützte Treppen.

Bei ganz unterwölbten Treppenanlagen ist man in der Wahl des Materials für die Stufen unbeschränkt. Man kann gemauerte, Sandstein- oder Granitstufen, Beläge von Holz, Schiefer, Solnhofener Stein, Marmor usw. verwenden, wobei zu beachten ist, dass seitens der Baupolizei derartige Treppen mit Holzbelag gewöhnlich als „feuersicher" betrachtet werden. Die einfachste Form einer unterwölbten Treppe ist wieder die zwischen vollen Wangenmauern. Man kann dabei, wie es bei Kellertreppen geschieht und schon in Fig. 536 und 537 dargestellt ist, jede einzelne Stufe als Bogen mauern, oder, was noch einfacher ist, zwischen die Wangenmauern steigende, preussische Kappen spannen, auf denen die Stufen, wie bereits in Fig. 539 und 540 gezeigt, als Rollschicht usw. auflagern. Die leichteste derartige Treppe kann nach Fig. 550 a und b dadurch hergestellt werden, dass man auf einem vorgekragten Stein eine hölzerne Lehre *m-n* legt und darüber die Tritt- wie auch die Setzstufe mit flachen Steinen, also

$^1/_4$ Stein stark, mit wenig Stich einwölbt. Darauf kommt ein 6—8 cm starker Holzbelag, welcher in den Wangenmauern sein Auflager findet und

Fig. 549a, b u. c.

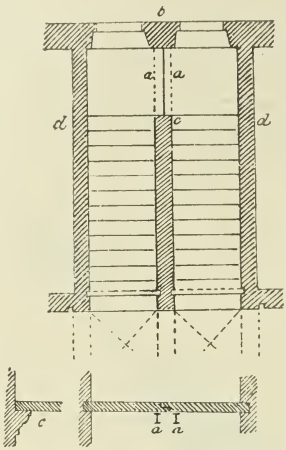
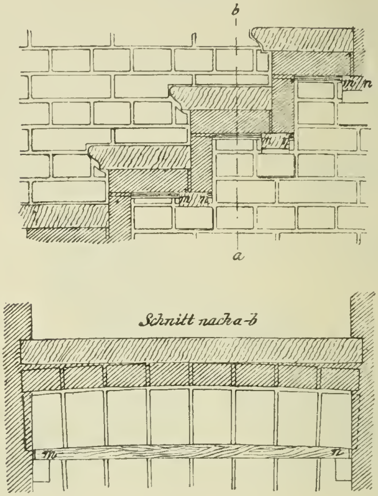
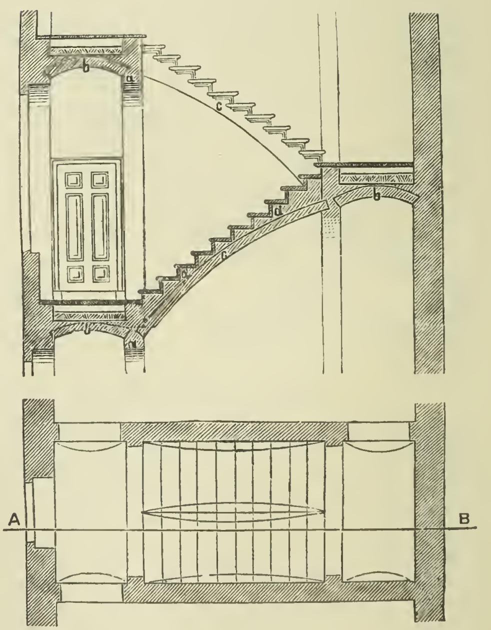


Fig. 550 a u. b.



so an und für sich schon tragfähig ist, während die Unterwölbung die Feuersgefahr beseitigt. Ein gleichzeitiges Aufmauern der Stufenwölbungen mit den Wangenmauern erleichtert die Ausführung erheblich. Bei kurzen Treppenläufen kann man die flachen Kappen auch gegen die Gurtbögen der Podeste lehnen, Fig. 551a und b. Diese sind von festen Steinen in Zementmörtel einzuwölben und mit den Anschlussmauern zu verankern. Bei Wendelstufen wird die Podestkappe nebst ihrem Gurtbogen durch die starke Aufschüttung sehr belastet, Fig. 552a und b, und auch die freie Höhe beeinträchtigt. Es ist deshalb hier angebracht, den Raum zwischen Kappe und Stufen hohl zu lassen und letztere auf die früher angegebene Weise besonders einzuwölben. Anstelle der ansteigenden Kappe in Fig. 551a kann man auch eine solche nach Fig. 553a und b zwischen eisernen Trägern wölben, oder statt Wölbung die Kleine'sche Decke, Fig. 553c und d, oder sonst eine der früher angeführten scheitrechten Decken anwenden. Statt der in Fig. 535—537 angegebenen Befestigung

Fig. 551 a u. b



des Belages an Dübeln kann man, nach Fig. 554, auch durch Bolzen die Vorder- und Hinterkante je zweier Stufen mit einander verschrauben, sodass das Werfen des Holzes verhindert ist. Ausserdem wird der Belag noch mit eingegipsten Bankeisen am Mauerwerk befestigt. Marmorbeläge werden in Gips oder besser Wasserkalkmörtel verlegt, weil manche Marmorarten durch die Alkalien des Zementmörtels leiden, dann aber noch Tritt- und Setzstufen durch kleine Messing- oder Bronce-Dübel mit einander verbunden.

Fig. 552 a u. b.

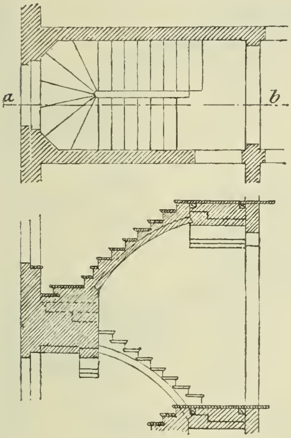


Fig. 553 a u. b.

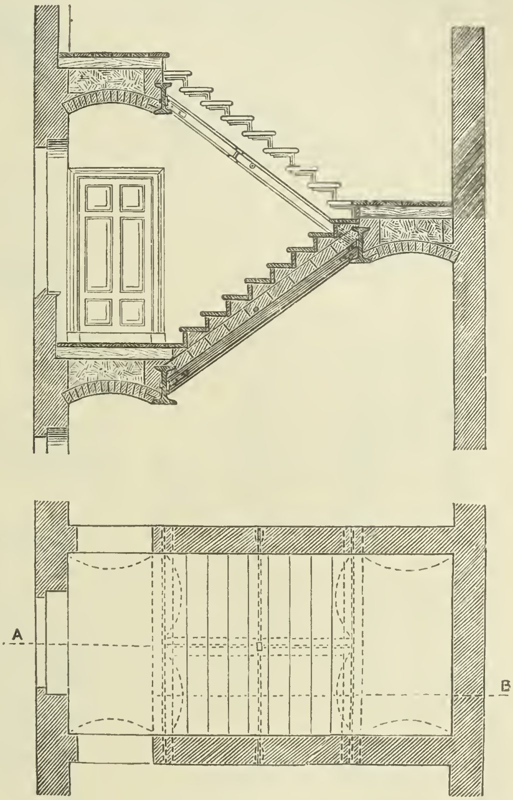


Fig. 553 c u. d.

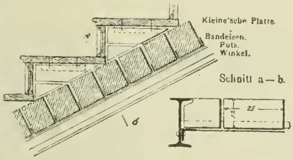
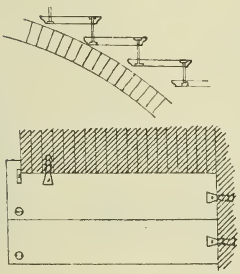


Fig. 554 a u. b.



Will man bei besseren Treppen keine vollen Wangenmauern haben, so ist man zur Anwendung von steigenden offenen Bögen und zu deren Unterstützung durch Pfeiler oder Säulen genöthigt. Dabei müssen die Querbögen der Podeste stark gestelzte Rundbögen darstellen, weil sonst die steigenden Bögen zu flach werden würden. Gute Verankerung ist Hauptbedingung. Für zwei verschiedene Läufe müssen auch zwei Bögen vorhanden sein und dem entsprechend zwei gekuppelte Säulen oder Pfeiler, Fig. 555 a und b. Statt der flachen Kappengewölbe wählt man hierbei besser steigende böhmische Kappen oder Kreuzgewölbe, deren Schildbogenseiten sich ganz den steigenden Bögen und den Rundbögen der Treppenpodeste anschmiegen. (S. auch Fig. 326 a und b, Seite 122 und 457 a, b, c.) In Fig. 556 ist folgendes, dem in Fig. 430, S. 153 dargestellten ähnliche Verfahren ein-

geschlagen worden, welches besonders auch für die Ausführung sehr bequem ist. Die Podeste sind mit Hängekuppeln überwölbt, deren Scheitel gleich hoch unter der Fussbodenoberkante liegen. Durch die beiden Punkte a und c, welche gleich hoch mit den Scheitelpunkten der Stirnbögen der Podeste angenommen sind, sowie durch einen dritten Punkt b, der im Lothe durch den Mittelpunkt des Raumes liegt und dessen Höhenlage durch die Konstruktionshöhe unterhalb der Stufen bedingt ist, wird ein Kreisbogen a, b, c geschlagen, dessen Mittelpunkt o auf der Lothrechten zu suchen ist, welche in Punkt i auf der Verbindungslinie

Fig. 555 a u. b.

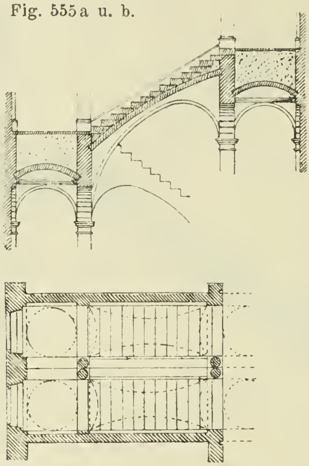


Fig. 556.

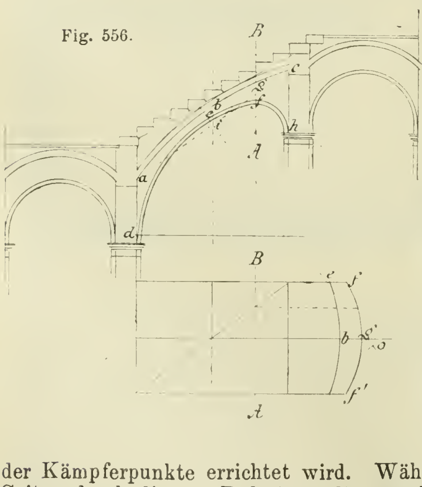
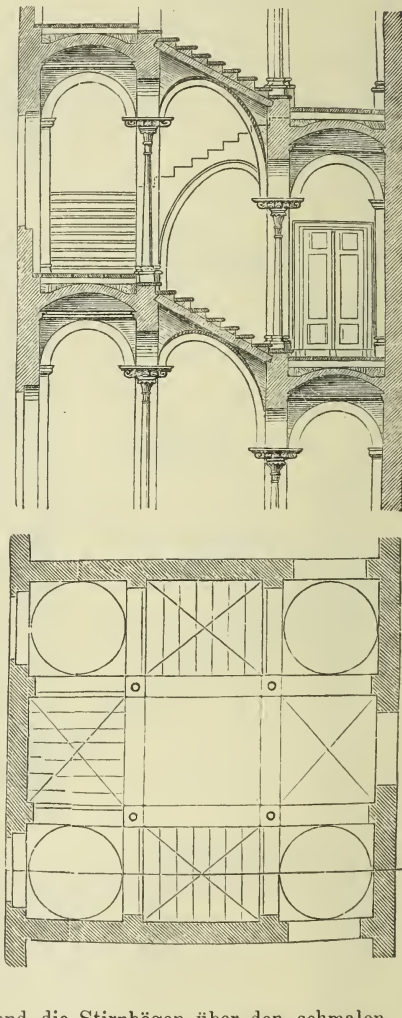


Fig. 557 a u. b.



der Kämpferpunkte errichtet wird. Während die Stirnbögen über den schmalen Seiten durch die der Podestgewölbe gegeben sind, werden die über den langen Seiten dadurch gefunden, dass man ausser den beiden Kämpferpunkten d und h noch einen dritten Punkt e auf dem Lothe durch den Mittelpunkt des Raumes annimmt, und durch diese drei Punkte einen steigenden Korbbogen, Ellipse usw. konstruirt. Alle lothrechten Ebenen, welche parallel zu den schmalen Seiten des Raumes das Gewölbe schneiden, z. B. $A—B$, ergeben einen Kreisbogen, von

dem drei Punkte, hier f, g, f' bekannt sind, der sich also leicht zeichnen lässt und aus dem auch ein Punkt des Diagonalbogens, der durch jene Ebene $A—B$ geschnitten wird, zu finden ist. Man kann also beliebig viele Querbögen, oder auch die Diagonal- und Scheitelbögen bei der Einwölbung verwenden.

Genau auf dieselbe Weise sind die dreifach gebrochenen Treppenläufe anzulegen, Fig. 557a u. b.

Fig. 560a u. b.

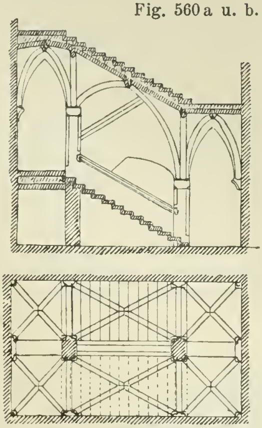


Fig. 558a.

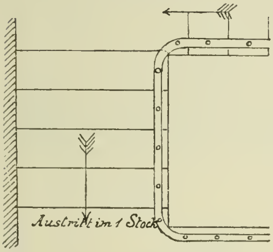


Fig. 558b u. c.

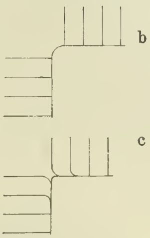


Fig. 559a u. b.

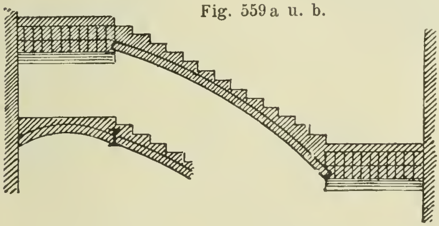


Fig. 562a u. b.

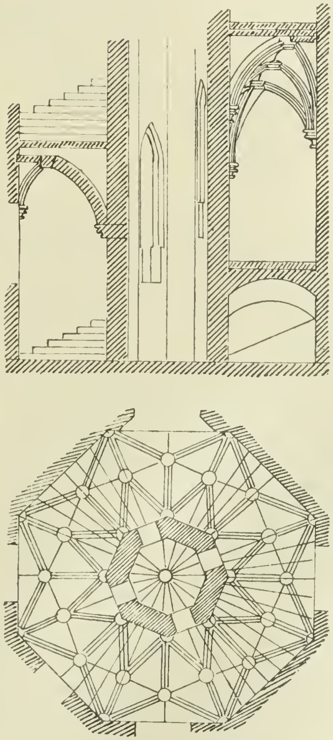


Fig. 561a.

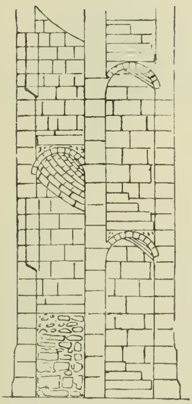
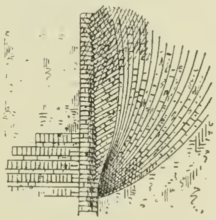


Fig. 561b.



Sind dieselben nicht über 2 m breit, so ist 1/2 Stein als Gewölbstärke ausreichend; bei grösseren Breiten sind Verstärkungsgurte einzufügen. Bei den Eckpodesten derartiger Treppen wird die oberste Stufe des unteren Laufes nach Fig. 558a vorgeschoben, damit die Handleiste des Geländers ohne Knick fortgeführt werden kann. Dasselbe erreicht man, wenn man nach Fig. 558b und c die Stufen beider Treppenläufe etwas zurücktreten lässt, oder bei Raummangel den Enden der Stufen eine schwache Krümmung giebt. Sollen,

um der Treppe ein besonders leichtes Aussehen zu geben, die Podestgurtbögen fortfallen, so muss man unter die Podeste entweder $1-1\frac{1}{2}$ Stein starke Kappen spannen oder eiserne Träger legen, gegen welche sich die Laufkappen lehnen, die gewöhnlich $\frac{1}{10}$ der Spannweite zur Pfeilhöhe erhalten, Fig. 559a und b. Fig. 560a und b stellt dar, wie man auch den Spitzbogen bei einem Treppenlaufe verwenden kann. Bei Spindeltreppen mit massiven Spindeln, z. B. in Thürmen, werden die Stufen durch ein schraubenförmig aufsteigendes Kappen- oder Tonnengewölbe unterstützt, Fig. 561a. Fig. 561b lehrt, in welcher Weise bei Treppen aus Ziegeln die Aufmauerung der Spindel und Stufen, sowie der Anschluss des Gewölbes daran geschehen muss.*) Fig. 562a und b zeigen, wie auch ein Sterngewölbe hierzu benutzt werden kann.

d. Durch Wangen unterstützte Treppen.

Die Unterstützung steinerner Treppenstufen durch Wangen ist eine Nachahmung der Treppenkonstruktionen in Holz und nicht empfehlenswerth. Die Wangen haben höchst geringe Tragfähigkeit, erfordern grossen Aufwand an

Fig. 563a.

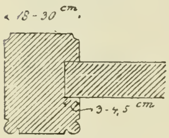


Fig. 563b.

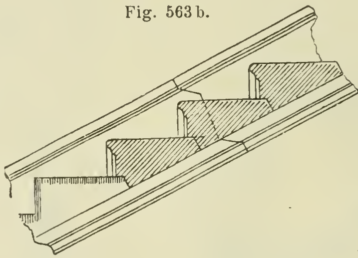


Fig. 564.

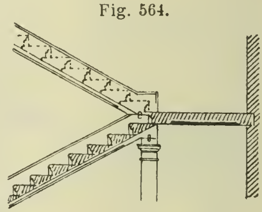


Fig. 563c.

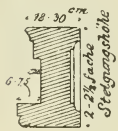
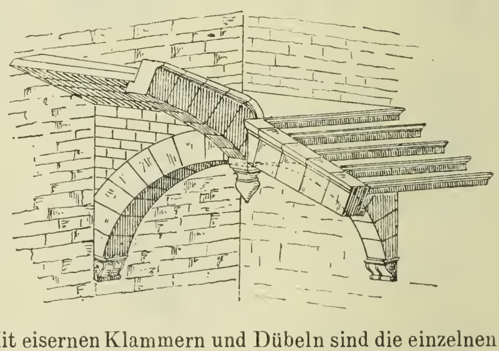


Fig. 565.



Material und Arbeit, besonders bei gewundenen Treppen, und sind deshalb sehr theuer. Dieser Gründe wegen werden derartige Treppen fast gar nicht ausgeführt.

Die Herstellung der Wangen bei geraden Treppenläufen ist einfach; Fig. 563a, b u. c zeigen die Profile der Wangen und geben die Abmessungen derselben an. Mit eisernen Klammern und Dübeln sind die einzelnen Wangenstücke fest zu verbinden. Gewöhnlich fehlen die Wangen an der Wand und sind hier die Stufen fest eingemauert, so dass dieselben eigentlich noch die Wangen zu tragen haben und diese nur dazu dienen, eine Drehung der Stufen unmöglich zu machen. Sind an der Wandseite ebenfalls Wangen angeordnet, so werden dieselben entweder nur oberhalb und unterhalb der Stufen angesetzt, oder sie müssen so stark gemacht werden, dass man sie einmauern kann und sie darnach imstande sind, die Stufen zu tragen; immer aber wird eine unsichere Treppe entstehen. Die Wangen ruhen unten auf dem Podest oder in der Antrittsstufe wagrecht auf, oben auf dem Pfeiler oder dem Bogen des Podestes, Fig. 564. Ebenso ist die Ausführung gewundener Wangentreppen; nur dass hier noch eine verwickelte Austragung der gebogenen Wangenstücke hinzu tritt.**) Früher

*) S. auch: The Building News, 1875, 6. Aug., Kirbye Muxloe Castle, Leicestershire, und in der Klosterkirche Chorin.

**) Vergl. Ringleb a. a. O., sowie Breymann's Allgem. Baukonstruktionslehre. Ein interessantes Beispiel einer mit halber Tonne unterwölbten Wangentreppe findet sich in Encycl. d'arch. 1875. Pl. 249.

wurde als Steinmetzkunststück manchmal jedem Kopf der Stufen ein Werkstein angearbeitet, um den Treppen das Ansehen von Wangentreppen zu geben. Dabei wird eine grosse Menge von Material verschwendet und ausserdem der Treppenlauf verengt. Einen solchen Bogen jedoch als Wange auszuführen und in denselben die Stufen einzuschieben, Fig. 565,*) kann sogar schädlich sein, weil die Bogensteine und Stufen sich ungleich setzen werden und deshalb Risse und Sprünge fast unvermeidlich sind.

e. Freitragende Treppen, bei welchen die Stufen nur mit einem Ende in der Mauer befestigt sind.

Bei diesen Treppen wird, am besten zugleich mit der Aufführung der Wangenmauer, das eine Ende der Stufen mindestens 13—25 cm tief — der Breite des Laufes entsprechend — fest mit Zementmörtel eingemauert. Jede Stufe findet dabei auf der nächst unteren ihrer ganzen Länge nach ein sicheres Auflager, so dass sich immer eine auf die andere stützt und die Einmauerung fast nur eine Drehung derselben verhindern soll, woraus folgt, dass die unterste Antrittsstufe,

Fig. 566 a—c.

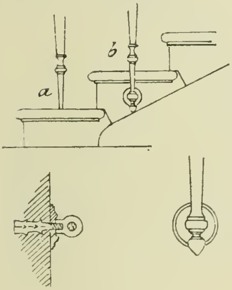


Fig. 567.

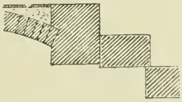


Fig. 568.

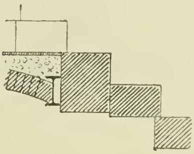


Fig. 570.

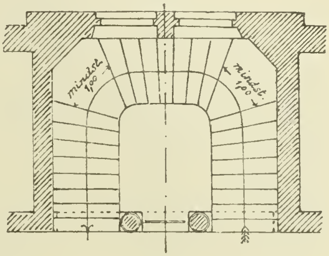
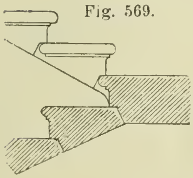


Fig. 569.



sowie der Podestbalken eine besonders feste Lage erhalten müssen. Die Stufen sind Blockstufen nach Fig. 528—531 oder 533 u. 534 und erhalten an der freien Stirnseite dasselbe Profil wie an der Vorderseite, was man eine „Wiederkehr“ nennt, Fig. 566a. Die Geländersäulchen werden bei solchen Stufen entweder, wie gewöhnlich, in einem 4—5 cm tief gebohrten Loche in der Stufenfläche verbleit, oder es wird, besonders bei schmalen Läufen, nach Fig. 566b und c, an der Stirnseite eine Steinschraube mit Blei befestigt, die Verbleiung mit einer Rosette verdeckt und eine Oese aufgeschraubt, durch welche das Säulchen gesteckt und mittels eines kleinen Zapfens festgeschraubt wird. Gusseiserne Säulchen werden auch wohl hohl gegossen und dienen einer schmiedeisernen Stange als Hülse. Gewöhnliche Granittreppen erhalten als Podeststufe einen starken, durchgehenden Steinbalken. Um diesen nicht durch ein Widerlager zu schwächen, Fig. 567, wird das Podest gegen ein neben ihm liegendes I Eisen eingewölbt, Fig. 568, und mit Asphalt oder Fliesen belegt. Bei besseren Treppen muss das Profil der Podestplatte, als obersten Stufe eines Laufes, sich gegen ein Widerlager todtlaufen, welches die erste Stufe des nach oben gehenden Laufes trägt, Fig. 569.

Die Umfassungswände solcher Treppenhäuser können 1 Stein stark gemacht werden, wenn der Treppenlauf nicht breiter als 1,25 m ist.

Unter Umständen ist die Berechnung einer freitragenden Treppe nothwendig. Man kann dann, wie praktische Versuche ergeben haben, je drei Stufen als sich gegenseitig stützend, also zusammenhängend und für 1 qm Grundfläche der Treppe 750—1000 kg Belastung annehmen. Die Berechnung erfolgt wie bei einem an

*) S. Encyclop. d'arch. 1875: Musée et Bibliotheque à Grénoble.

einem Ende eingemauerten Balken. Da Versuche über Biegungs-Festigkeit bei Steinen selten gemacht werden, ist es in zweifelhaften Fällen immer gut, eine Probebelastung solcher Stufen auszuführeu, und die Annahme einer 4—8fachen Sicherheit zu empfehlen. Bei gewundenen Treppen pflanzt sich der Druck noch auf mehr als drei Stufen fort. Werden die Stufen gleich mit dem Aufbau der Umfassungswände verlegt, so ist die Ausrüstung etwas zu lüften, damit sich die Treppe zugleich mit den Mauern setzen kann. Auch kann man den Stufen nach der Mauer hin etwa 4 mm Fall geben, weil ihre Schwere sie nach dem Ausrüsten um ungefähr ebenso viel am freien Ende sinken macht.

Bei gewundenen Treppeu hat man das normale Maass, wie schon in Fig. 527 gezeigt, in der Mitte der Stufen aufzutragen. Lässt man dann alle Stufen nach dem Mittelpunkte des Bogens laufen, so fallen die freien Köpfe sehr schmal und die Treppen deshalb sehr unbequem aus. Dies lässt sich dadurch

Fig. 571 a u. b.

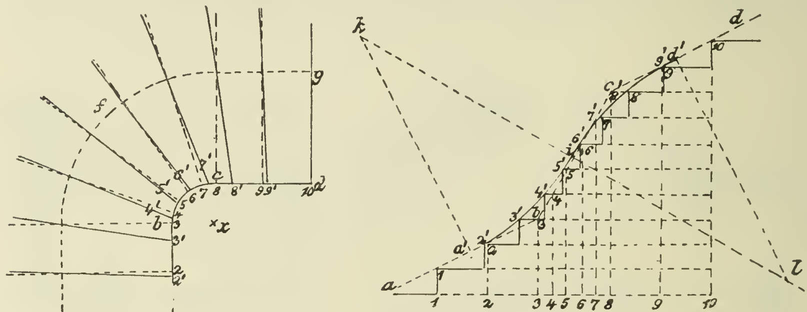


Fig. 572 a, b u. c.

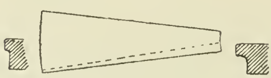


Fig. 573.

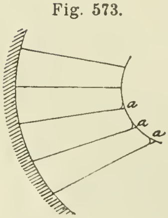


Fig. 574.

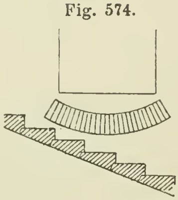


Fig. 575.

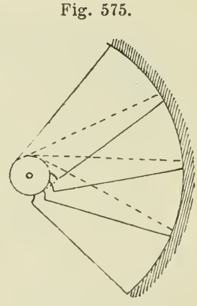
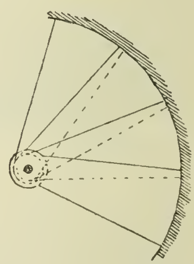


Fig. 576.



vermeiden, dass man nur einige Stufen, also in Fig. 570 z. B. nur drei, gerade macht, von da an aber die Köpfe gleichmässig um die Biegung herum eintheilt und diese Theilpunkte mit denen der Mittellinie verbindet. Dies giebt auch einen guten Verlauf der Handleiste. Bei schlank gewundenen Treppen werden die Stufenköpfe an der Kreislinie dabei aber zumtheil sehr spitz; es ist deshalb besser, dass man sich die Linie *abcd* im Grundriss, Fig. 571a, abgewickelt und als gerade Wagrechte in Fig. 571b von *a*—10 aufgetragen denkt, in 10 eine Senkrechte errichtet und auf dieser die 10 Steigungen bis *d* eintheilt. Von *a* bis *b* und *c* bis *d* werden die ersten und letzten drei Stufen richtig aufgetragen, worauf man *b* und *c* verbindet, die Linie halbirt und $\frac{bc}{2}$ bis *a'* und *d'* abträgt. In diesen beiden Punkten und in *i* errichtet man Senkrechte, welche sich in *k* und *l*, den Mittelpunkten zweier Kreisbögen schneiden. Die Wagrechten durch die Theilungen

auf der Senkrechten 10—*d*, bis an jene Kreisbögen heran gezogen, ergeben die neue Stufentheilung, die man in den Grundriss zu übertragen hat. Um beim Hinaufgehen dem Fusse eine sichere Trittfläche zu bieten, kann man auch das Stufenprofil nach der schmalen Seite zu stärker unterschneiden, Fig. 572a, b, c, wie das schon bei mittelalterlichen Wendel- und Spindeltreppen geschehen ist.*) Bei runden, elliptischen und hufeisenförmigen Treppen muss man ebenfalls die in Fig. 571 gezeigte Konstruktion ausführen. Wenn jedoch hier der innere Kreis einen grösseren Halbmesser hat, so genügt gewöhnlich gleichmässige Theilung in der Mitte und an den Köpfen der Stufen und Verbindung der Theilpunkte wie in Fig. 570. Die Stufenlinien werden hierbei, wie aus Fig. 573 zu ersehen, natürlich nicht nach dem Mittelpunkt des Treppenraumes gerichtet sein. Damit die Stufenköpfe bei dieser Eintheilung nicht zu spitz werden, rundet man sie im Grundriss, Fig. 573 bei *a*, etwas ab.

Führen die Stufen freitragender Treppen unter Fenstern vorbei, so dass das eingemauerte Ende nicht genügend belastet ist, so kann man sich durch Anordnung eines umgekehrten Gewölbebogens oder durch Einmauerung eines eisernen Trägers helfen, wodurch der Gegendruck der Stufe auf die Einfassung der Fensteröffnung übertragen wird, Fig. 574. Was über die unterstützten Treppen mit Wangen gesagt ist, gilt ebenso für die freitragenden mit solchen.

f. Wendeltreppen mit massiver Spindel oder „Mönch".

Die Konstruktion solcher Treppen ist sehr einfach, indem die Spindel von etwa 18—25 ^{cm} Durchmesser an die Stufen angearbeitet ist. Damit erstere mehr als Säule hervortritt, werden die Stufen entweder, wie in Fig. 575, etwas ausgeschnitten, oder ihre Seiten, wie in Fig. 576, tangential an zwei innerhalb liegende konzentrische Kreise gezogen. Der Zusammenhang zwischen Spindel und Stufe darf aber nicht zu gering werden, damit sie nicht abbrechen. Beim Versetzen werden die durchlochten Spindelstücke entweder über eine eiserne Stange geschoben, oder nur durch eiserne Dübel verbunden. Bei Treppen mit hohler Spindel sind Wangenstücke an die Stufen anzuarbeiten — eine theuere und unangenehme Arbeit.**)

*) Vergl. Fr. Rauscher: Der Bau steinerner Wendeltreppen, Berlin, 1889.

**) Weiteres darüber siehe in Viollet-le-Duc: Dictionnaire raisonné, Tome V. und Rauscher: Der Bau steinerner Wendeltreppen, Berlin 1889.

II. Die Eindeckung der Dächer.

Bearbeitet von
H. Koch, Geheimer Baurath, Professor an der technischen Hochschule zu Berlin.

I. Einleitung.

Das Dach soll eine wasser- und schneedichte Decke für das Gebäude bilden und zugleich wird in den meisten Fällen verlangt, dass es die Einwirkungen sowohl starker Hitze als auch strenger Kälte auf das Innere der Gebäude mildere.

Als Deckungsmaterialien kommen Holz, Stroh, Schilf, Ziegel, Schiefer, mit Theer getränkte Leinwand, Papier, Pappe, Filz usw., Asphalt, Zement, dann Kupfer, Eisen, Blei und Zink, sowie Glas zur Anwendung. Die Deckungen mit Kupfer, Eisen, Blei und Zink, welche man mit dem Sammelnamen Metalldeckungen bezeichnet, werden erst an späterer Stelle, im Haupt-Abschnitt V, besprochen.

Bei der Wahl der Deckungsmaterialien sind deren Preise, die Feuersicherheit, die Anforderungen an Sicherheit und Dauerhaftigkeit, mitunter die Gewichte und auch der Umstand inbetracht zu ziehen, ob sie ausser den gewöhnlichen Witterungseinflüssen auch den Einwirkungen von Dämpfen, flüchtigen Säuren usw. (bei Fabriken, Laboratorien usw.) zu widerstehen vermögen.

Je steiler die Dächer angelegt werden, um so rascher fliesst das Wasser ab und um so weniger ist zu fürchten, dass der Wind Wasser und Schnee durch die Fugen treibe und dass die Deckungsmaterialien feucht bleiben, desto weniger auch, dass plötzlich eintretender Frost denselben Schaden zufüge. Aus diesem Grunde schon müssen Dächer, welche mit kleineren und rauheren Platten eingedeckt werden, grössere Neigung erhalten als solche, deren Deckmaterial aus grösseren Stücken mit wenigen Fugen besteht. Ueberhaupt fordern diese Rücksichten die Einhaltung gewisser Dachneigungen, welche nicht geringer angenommen werden dürfen.

II. Das Ziegeldach.

a. Allgemeines.

Ziegelbedachung ist, vorausgesetzt, dass das Deckmaterial gut, eine der dauerhaftesten Bedachungen. Bei gewöhnlicher Arbeit und selbst nur mittelmässiger Güte des Materials kann man annehmen, dass dieselbe, abgesehen von kleinen Reparaturen, nur alle 50 bis 60 Jahre umgedeckt zu werden braucht, wobei das alte Material zumtheil noch weiter verwendbar ist. Denn alte Dachsteine sind gewöhnlich mindestens ebenso werthvoll wie neue, weil dieselben die Wetterprobe bestanden haben. Die Reparaturen an solchen Dächern werden anfangs hauptsächlich durch das Setzen des neuen Gebäudes und das Eintrocknen (Schwinden und Werfen) der Dachhölzer verursacht, dann durch das Auffallen schwerer Gegenstände, durch aussergewöhnliche Naturereignisse und vor allem durch das Betreten der Dächer seitens der Schornsteinfeger und Klempner bei Reparaturen der Dachrinnen usw.

Ein grosser Vortheil, den der Dachziegel vor anderen Materialien voraus hat, ist seine Porosität, seine daraus entspringende Volumenbeständigkeit und Widerstandsfähigkeit gegen elementare Einflüsse, wie Frost, Feuer usw. Dieselbe bewirkt auch, dass der Haar-Kalkmörtel, womit die meisten Dächer verstrichen werden, fest an den Steinen haftet und besonders, dass Schwitzwasser an der

unteren Dachfläche von den Steinen aufgesaugt wird und dann nach aussen verdunsten kann, während es bei anderem Deckungsmaterial abtropft und zur Fäulniss der Schalbretter usw. Veranlassung giebt. Allerdings ist die Porosität der Dachziegel auch manchmal so gross, dass dieselben, besonders bei neuen Dächern, Regenwasser auf der Innenseite abtropfen lassen. Diese Durchlässigkeit wird bei flachen Dächern und grösseren Steinen stärker sein als bei steilen Dächern, stärker auch bei Dachpfannen und Falzziegeln als bei den sogen. Biberschwänzen. Gewöhnlich verliert sich dieselbe nach einiger Zeit, sobald die Poren des Steines sich durch Eindringen von Staub und Russ geschlossen haben und Anwuchs von Flechten und Moos eingetreten ist. Allerdings lässt sich die Porosität der Steine durch Glasur, durch Eintauchen der Ziegel in Steinkohlentheer unmittelbar nach dem Entnehmen derselben aus dem Ofen, durch Ueberfangen, Uebergiessen der lufttrockenen, noch ungebrannten Ziegel mit feinem Thonschlamm, durch das sogen. Graudämpfen, die Verstopfung der Poren durch Graphit usw., mildern bezw. aufheben. Allein diese Verfahren werden öfter angewendet, um einem ungeeigneten Ziegelmaterial eine vorübergehende Wetterbeständigkeit zu verschaffen, so dass sie geradezu schädlich wirken und die Zerstörung desselben noch beschleunigen. Da man ein durchlässiges Dach schon des schlechten Aussehens wegen nicht gern mit heissem Steinkohlentheer streichen wird, der auch, weil er die Ausdünstung verhindert, oft sehr schädlich wirkt und das Abblättern der Steine verursacht, kann man die letzteren vor oder nach dem Verlegen mit Rübenmelasse, die aus Zuckerfabriken leicht zu beschaffen ist, tränken. Dieselbe wird an und für sich schon nach dem Trocknen die Poren verstopfen, dann aber infolge ihrer Klebrigkeit das Anhaften von Staub und Russ befördern und schliesslich durch Uebergang in Essigsäure-Gährung die Bildung mikroskopischer Organismen, Flechten usw. hervorrufen, deren Zellengewebe nach dem Absterben ein feines vegetabilisches Filter innerhalb der Poren bilden, die Kapillar-Attraktion der letzteren vermehren und das eingedrungene Wasser besser zurückhalten.*)

Die Einwirkung des Frostes auf mangelhaftes Material zeigt sich hauptsächlich in dem Abblättern der Steine, dem besonders die sogen. französischen Falzziegel, infolge ihrer Herstellungsweise, ausgesetzt sind. Dieselben kommen als ein dünnes Blatt aus der Ziegelpresse und erhalten dann erst durch eine Schraubenpresse ihre Form. Dadurch wird die Struktur des Thones ungünstig verändert, ein Uebel, dem auch nicht durch einen bis zur Sinterung starken Brand abgeholfen werden kann. Bei Schwachbrand kann jedoch die Feuchtigkeit leicht in den Stein eindringen und der erste Frost schon Abblätterungen bewirken.

Nach der Form der Dachziegel sind Flachziegel-, Hohlziegel- und Falzziegeldächer zu unterscheiden.

b. Das Flachziegeldach.

Die Flachziegel oder Flachwerke, auch wohl Biberschwänze oder Zungensteine genannt, haben die Form eines länglichen, an der einen kurzen Seite abgerundeten oder zugespitzten Rechtecks, Fig. 577a, b, c, d u. e, welches unterhalb der geraden, kurzen Seite mit einer Nase zum Festhalten an der Dachlatte versehen ist. Die Grösse der Biberschwänze ist vorläufig noch sehr ungleich; gewöhnlich beträgt die Länge etwa 35—40 cm, die Breite 15—16 cm und die Stärke 1,2—1,5 cm. Nachdem jedoch im Jahre 1888 ein Normalformat festgestellt und bei den preussischen Staatsbauten zur Anwendung empfohlen worden ist, welches 365 mm Länge, 155 mm Breite und 12 mm Stärke vorschreibt, lässt sich erwarten, dass dasselbe mehr und mehr zur Annahme gelangen wird. Die zulässige Abweichung des Normalformats von der Länge und Breite darf höchstens 5 mm, von der Stärke höchstens 3 mm betragen.

Gute Dachsteine müssen leicht, wetterfest und durchaus eben sein. Zeichen ihrer Güte sind bis zur Sinterung scharfer Brand, heller Klang, von Rissen und Sprüngen freie Flächen und ein geringes Wasseraufsaugungsvermögen.

---

*) Näheres in Deutsche Bauzeitung 1889, S. 511.

Die Entfernung der Sparren von einander darf bei schweren Flachziegel-Dächern nur zwischen 0,90—1,10 m wechseln. Die Latten erhalten die Länge von 6,0—8,0 m und die Stärke von 5 : 8 cm (starke) oder von 4 : 6,5 cm (gewöhnliche). Die unmittelbar am First liegenden Latten werden nur 5 cm von der Kante entfernt befestigt und zwar mit einem Nagel auf jedem Sparren, damit die Hohlsteine, welche die Dichtung dort bewirken, möglichst weit übergreifen. Die am Fusse des Daches liegende Latte muss so auf die Sparren genagelt sein, dass die Dachsteine das Gesims noch um 15 cm überragen.

Die Dichtung der Fugen, hauptsächlich gegen Eindringen von Schnee, erfolgt entweder so, dass man die Flachziegel innen und aussen mit Haarkalk verstreicht — welcher Verstrich aber nicht lange hält — oder so, dass man die Eindeckung auf böhmische Art herstellt, d. h. die Steine in Kalk mit möglichst engen Fugen vermauert, sodass die Stossfugen in Mörtel liegen und ebenso die Lagerfugen, bei welchen sich die Steine gegenseitig überdecken.

Es giebt drei Eindeckungsarten mit Biberschwänzen:

α. das Spliessdach, *β.* das Doppeldach und *γ.* das Kronendach.

α. Das Spliessdach.

Dasselbe erhält eine Dachneigung von mindestens $^1/_3$, besser $^1/_2$ der Gebäudetiefe und 1,10—1,25 m Sparrenweite. Die Lattungsweite beträgt bei Normalformat der Steine 20 cm, wobei jede Latte eine einfache Reihe Dachsteine trägt; nur die oberste und unterste Latte tragen eine doppelte Reihe. Die Trauflatte erhält eine grössere Stärke als die übrigen; oder dieselbe wird hochkantig gelegt, damit die Traufreihe gleiche Neigung mit den anderen Ziegelreihen erhält. Die Lage der Steine nach Fig. 578 a und b ist insofern die bessere, als das abfliessende Wasser die Fugen der darunter liegenden Steine nicht ausspülen kann, wie bei der Lage nach Fig. 578 c. Die Ueberdeckung beträgt kaum die Hälfte der Dachsteine, Fig. 579, so dass, um das Eindringen von Wasser zu verhindern, sogen. Spliesse, etwa 5 cm breite, dünne, aus Holz gespaltene Spähne von einer den Dachsteinen entsprechenden Länge, welche vortheilhafterweise mit einer die Fäulniss abhaltenden Flüssigkeit zu tränken sind, unter die Fugen der Steine geschoben werden. An deren Stelle werden auch Streifen von Dachpappe oder Zink, erstere lang durchgehend und mit gestanzten Zinkstreifen unterstützt, verwendet, Fig. 580. Trotzdem ist das Spliessdach nie ganz dicht und eignet sich deshalb nur für untergeordnete Gebäude. Man braucht für 1 qm: 5,1 m Dachlatten, 5,5 Stück Dachnägel, 35 Dachziegel, 0,02 cbm Mörtel und 35 Stück Spliesse. Das Gewicht beträgt für 1 qm einschl. Sparrengewicht etwa 90 kg.

Fig. 577 a—e.

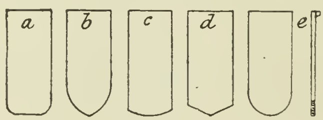


Fig. 579.

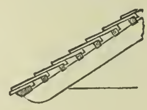
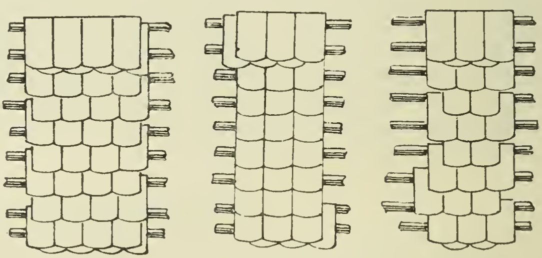


Fig. 578 a—c.



β. Das Doppeldach.

Dasselbe bekommt je nach der Güte des Materials $^1/_3$—$^1/_5$ der Gebäudetiefe zur Dachhöhe. Die Entfernung der Sparren von einander kann 0,9 bis 1,10 m, die Lattungsweite bei Normalformat 14 cm betragen. Auf jeder Latte liegt eine

Reihe Dachsteine, Fig. 581 a u. b, sodass sich diese um nahezu $^2/_3$ ihrer Länge überdecken. Am First und an der Traufe wird wieder eine Doppelschicht angeordnet. Der Verbrauch für 1 qm ist: 7 m Latten, 7,5 Stück Lattnägel, 50 Dachziegel, 0,03 cbm Mörtel, das Gewicht etwa 120 kg.

γ. Das Kronendach.

Dieses Dach, auch wohl Ritterdach genannt, erfordert dieselbe Dachneigung und Sparrenweite, wie das Doppeldach. Auf den 25 cm von Mitte zu Mitte entfernten Latten liegt eine doppelte Ziegelreihe, Fig. 582 a u. b, sodass jene 5 : 8 cm stark sein müssen. Das Dach ist schwer, aber sehr dicht und lässt sich leichter ausbessern als das Doppeldach, welches wegen der grösseren Zahl von Latten auch etwas theurer ist. Der Bedarf für 1 qm ist: 3,5 m Latten, 4 Lattnägel, 55 Ziegel, 0,03 cbm Mörtel, das Gewicht etwa 130 kg.

Auch das Kronendach erhält querdurch, und zwar jede Ziegelreihe, einen Mörtelstrich (Querschnitt oder Querschlag), der nach Fig. 582 a möglichst an der oberen Kante der Ziegel liegen muss, um ein dauerhaftes Dach zu erzielen. An

Fig. 580.

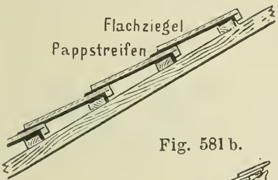


Fig. 582 a.

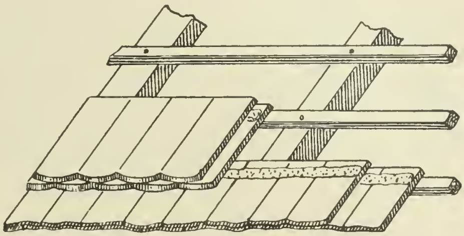


Fig. 581 b.

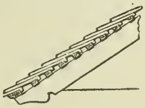


Fig. 583 a u. b.

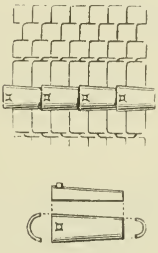


Fig. 582 b.

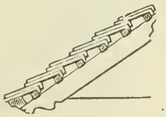


Fig. 581 a.

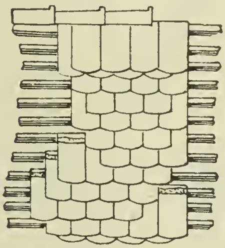
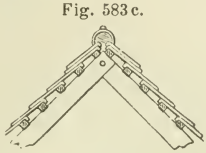


Fig. 583 c.



den Giebelseiten werden bei jeder Eindeckungsart halbe Steine gebraucht, die in ein Mörtelbett zu verlegen sind, auch wenn sie besonders geformt und mit Nase versehen von den Ziegeleien geliefert werden. Da bei dem Verhauen der Steine die Nasen fortfallen, ist auch bei Graten und Kehlen das Verlegen in Mörtel nothwendig. Die Grate werden, ebenso wie die Firste, mit Hohlziegeln, Fig. 583 a, b und c, eingedeckt, welche 38—40 cm Länge, 16—20 cm grösseren und 12—16 cm kleineren Durchmesser haben und sich 8—10 cm überdecken. Diese Hohlziegel werden in Mörtelbettung verlegt und ihre Hohlräume mit einem Beton aus Ziegelbrocken und Kalkmörtel ausgefüllt, damit sie durch Stürme nicht leicht abgehoben werden können. Das breitere Ende der Hohlziegel muss der Wetterseite abgekehrt sein, bei Graten nach unten liegen. Bei steilen Graten werden sie auf den Gratsparren mit Nägeln befestigt, zu welchem Zweck schon die Ziegel beim Formen am schmalen Ende ein kleines Loch erhalten, welches durch die nächsten Hohlziegel verdeckt wird. An Dachkehlungen müssen die Steine, ebenso wie bei Graten, schräg zugehauen werden; die Kehle kann zur Abführung des Wassers durch umgekehrt gelegte Hohlsteine, Fig. 584, gebildet werden. Besser

ist es jedoch, sie mit Zinkblech oder, an schwer zugänglichen Stellen, mit Walzblei auszukleiden, Fig. 585a und b. Eine solche Bleiauskleidung ist bei x mit Haften zu befestigen und etwas umzubiegen, um das Hineintreiben von Wasser oder Schnee bei starkem Sturm zu verhindern.

In vielen Gegenden erfolgt die Eindeckung mithilfe von Schiefer nach Fig. 586a, b, c. Hierbei wird der First, Ort, Grat und die Kehle, nicht aber der Fuss oder die Traufe mit Schieferplatten auf Schalung in derselben Weise eingedeckt, wie später genauer bei den Schieferdächern angegeben wird, und zwar nicht nur bei gewöhnlichen Biberschwänzen, sondern auch bei Hohlziegeln und Dachpfannen.*) Am Ort, d. h. an der Giebelkante des Daches, lässt man bei frei stehenden Gebäuden die Dachlatten gewöhnlich 5—8 cm über den Ortsparren hinausragen, schalt die Untersicht und nagelt gegen die Hirnenden der Dachlatten ein sogen. Windbrett zum Schutz gegen Stürme, Fig. 587. Diese Windbretter werden häufig auch dekorativ ausgebildet. Stösst der Ort gegen eine Mauer, so lässt man eine Ziegelschicht der letzteren 4—5 cm vorkragen, so dass die Dachsteine darunter greifen können, und verstreicht die Fuge mit Mörtel. Ebenso verfährt man häufig beim First der Pultdächer. Besser ist es, dort nach Fig. 588a einen Formstein mit Nase anzubringen. Da die sogen. Kalkleiste aber infolge des Schwindens des Holzwerkes des Daches leicht undicht wird, thut man besser, den Anschluss durch Zinkblech, sogen. Kappleisten, zu dichten. Der Anschluss der Kappleiste an das Mauerwerk geschieht nach Fig. 588b in der Weise, dass der obere Theil etwa 2 cm tief in die Fuge eingreift und dort durch verzinkte Mauerhaken festgehalten wird. In derselben Weise erfolgt die Einfassung

Fig. 584.

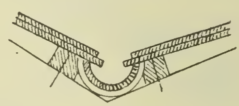


Fig. 585a.

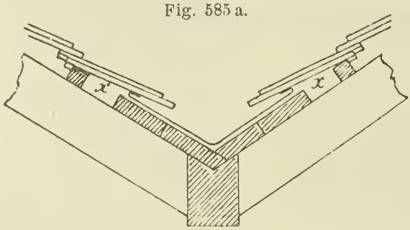
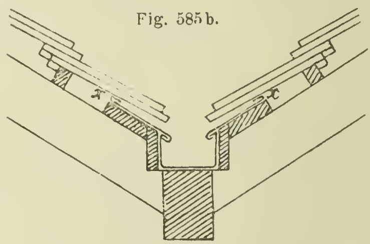


Fig. 585b.



von Schornsteinköpfen, Luken, Oberlichten usw. Um das Traufwasser dabei seitwärts abzuführen, hat man nach Fig. 589a und b den oberen Theil schräg abzuschalen. Dass dabei die Blechstreifen oberhalb des Schornsteines unter den anschliessenden Dachsteinen, seitwärts und unterhalb desselben aber über ihnen liegen müssen, ist selbstverständlich.

Um dem Dachraum Licht und Luft zuzuführen, wendete man früher fast ausschliesslich die sogen. Fledermaus-Luken, Fig. 590, an, bei denen die Ziegelreihen in geschwungenen Linien geführt werden müssen, was indess schwierig ist und sehr leicht Undichtigkeit verursacht. Besser eigenen sich hierfür die jetzt allgemein gebräuchlichen Dachfenster, bei denen der Rand durch aufgekantetes Zinkblech, Fig. 591a, b, c, gebildet wird. Der Fensterrahmen erhält an drei Seiten oben einen aufgelötheten Falz, in welchen eine Glasscheibe eingeschoben wird. Er ist an der oberen, dem First parallelen Seite mit eisernen Gelenkbändern am Rande befestigt, an der unteren mit eiserner Stellstange versehen, um das Fenster in beliebiger Stellung geöffnet halten zu können. An der unteren, der Traufe parallelen Seite befinden sich zwei angelöthete Kupfer- oder Zinkblechstreifen, welche umgebogen werden, sobald die an dieser Seite etwas über den Rand stehende Glasscheibe eingelegt ist.**)

*) Vergl. Die Arbeiten des Dachdeckers, Darmstadt 1866.
**) Weiteres unter „Oberlichte“ im Haupt-Abschnitt V.

Aussteigeluken werden so angefertigt, dass man eine in die Dachlattung geschnittene, rechteckige Oeffnung mit einem an den Kanten verzinkten Bretter-

Fig. 586 a—c.

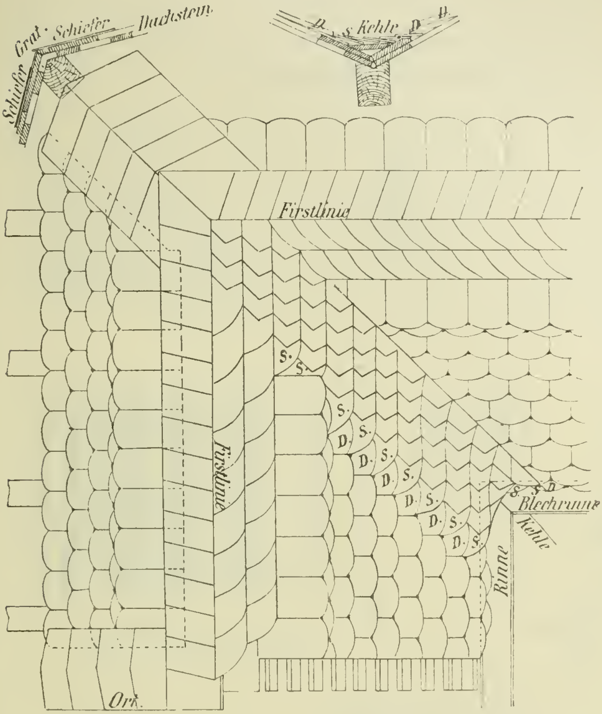


Fig. 587.

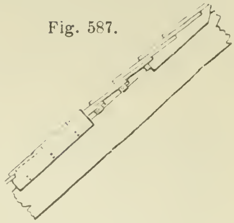


Fig. 588 a.

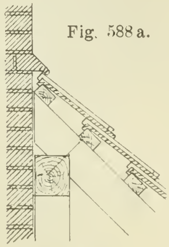


Fig. 588 b.

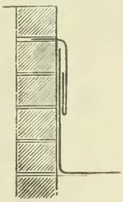


Fig. 589 a u. b.

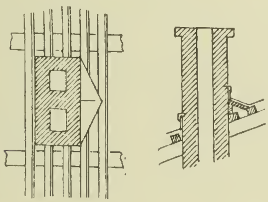


Fig. 591 a—c.

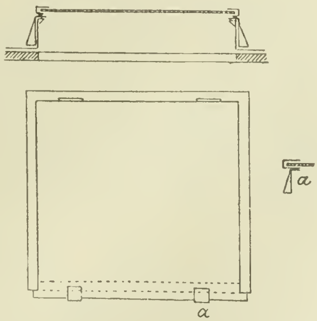
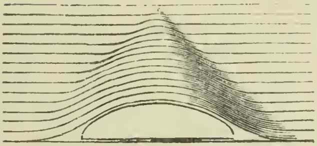


Fig. 590.



kranz, die mit der Lattung gebildeten Ecken mit dreieckigen Leisten umfasst, Fig. 592 a und b, und alles mit Zinkblech bekleidet, welches oben am Rande mit Nägeln befestigt wird. Auf die Oeffnung passt ein Deckel, bestehend aus hölzernem Rahmen, der, durch zwei sich in der Mitte kreuzende Leisten gegen Verschieben gesichert, seitlich mit glattem Blech und oben mit Wellblech be-

kleidet ist. Soll glattes Blech statt des letzteren benutzt werden, so muss der Deckel eine feste Bretterdecke haben. Derselbe ist durch ein Kettchen am Sparren zu befestigen und zugleich durch einen eisernen Ueberwurf gegen Herunterwerfen durch den Sturm zu sichern.

c. Das Hohlziegeldach.

α. Das eigentliche Hohlziegeldach

finden wir bei alten, steilen Kirchendächern, doch auch in manchen Städten, besonders Norddeutschlands, bei alten Privathäusern viel in Gebrauch. Die Ziegel, auch Mönche und Nonnen genannt, sind gewöhnlich 40 cm lang, im Mittel 24 cm breit. Die Lattungsweite beträgt dabei 32 cm, so dass sich die Reihen um etwa 8 cm überdecken und 20 Steine auf 1 qm nothwendig werden. Die oberen Steine (Mönche), Fig. 593a, b u. c, müssen mit dem breiteren Durchmesser nach unten liegen und sich hier gegen eine Nase des vorher gehenden Steines stützen. Zur Dichtung sind grosse Mörtelmengen nothwendig, wodurch die an sich schon grosse Dachlast noch vermehrt wird. In neuerer Zeit werden auch Falzziegel in Form von Mönch und Nonne vereint hergestellt.

Fig. 592a u. b.

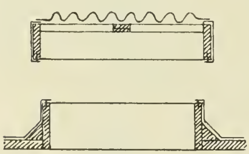


Fig. 594a u. b.

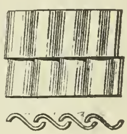


Fig. 593a—c.

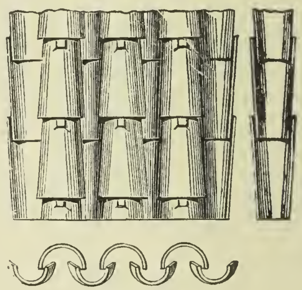
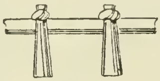


Fig. 595.



β. Das Pfannendach.

Dasselbe wird vorherrschend am Unterrhein und in Holland, in den Ostseeprovinzen, doch auch in Hannover, Hessen und in anderen Gegenden besonders bei ländlichen Gebäuden ausgeführt. Der Hauptvorzug des Pfannendaches besteht darin, dass seine Fläche infolge der Gestalt der Dachsteine in zahlreiche kleine Rinnen zerlegt ist, deren jede, ausser dem allgemeinen Gefälle des Daches, noch eine Querneigung besitzt, wobei das Wasser sich schnell in der Rinnensohle sammelt und der Traufe zugeführt wird. Aus diesem Grunde trocknen solche Dächer schneller ab als Biberschwanz-Dächer, und sind erheblich wetterbeständiger als diese, welche den immerwährenden Wechsel von Schnee und Regen, Wärme und Kälte, wie ihn das nördliche Klima bringt, nicht recht vertragen können. Deshalb finden wir auch die alten Kirchendächer so steil und mit Vorliebe mit Hohlsteinen eingedeckt, welche zwar schwer sind, aber gleiche Vortheile wie Pfannendächer gewähren. Die einzelnen, wellenförmig gebogenen Pfannen macht man 39—42 cm lang und 26 cm breit, oder auch nur 34 cm lang, wobei das Dach die Neigung der Spliessdächer haben muss, Fig. 594a und b. Bei den grösseren Sorten beträgt die Lattungsweite 31,5 cm, bei der kleinen 23,5—26 cm. Voraussetzung für ein gutes Dach ist, dass die Pfannen möglichst regelmässige Form haben, also nicht windschief sind. Auch dabei müssen die langen Seiten behauen, „gekrämpt", sowie die oberen Ecken, welche die folgende Schicht decken, fortgenommen werden, einmal um eine dichte Fuge zu erzielen und dann, um die nächste Schicht nach der Länge scharf einsetzen zu können. Sämmtliche Fugen werden von unten, die der obersten und untersten Schicht auch von oben, mit Haarkalk verstrichen, wobei oft auch noch Spliesse untergelegt werden. Schwierig

ist die Eindeckung der Firste und Grate, welche am besten mit Zinkblech erfolgt, doch auch mit Hohlsteinen und viel Mörtel. An den Giebeln herauf legt man mitunter Schieferstreifen in der Breite von 65—95 cm, manchmal auch an Firsten und Graten. Bei landwirthschaftlichen Gebäuden dichtet man die Fugen häufig durch Unterlegen von Strohdocken oder Strohwischen, welche bei Fruchtspeichern usw. den Luftwechsel nicht hindern, Fig. 595. Ist die Bedachung gut ausgeführt, so ist sie unter die besseren zu rechnen, besonders wenn dieselbe, wie in Ostpreussen geschieht, unterseitig mit Brettern geschalt ist.

Fig. 596.

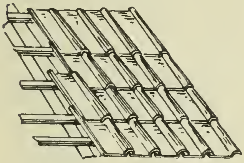


Fig. 597.

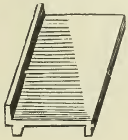


Fig. 598 a.

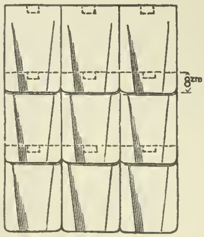


Fig. 599.

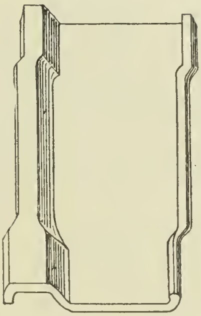


Fig. 600 a u. b.

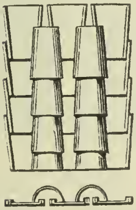
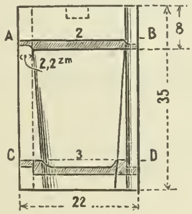


Fig. 598 b.



γ. Das Krämpziegeldach.

Dieses Dach ist dem vorigen ähnlich; die Dachsteine haben verschiedenes Format, müssen sich etwa 8—10 cm überdecken, wonach die Lattungsweite einzurichten ist, und sind an den Kanten etwas nachzuarbeiten (zu „krämpen"), um eine dichte Fuge zu erzielen; sie werden in Kalkmörtel verlegt. Die gewöhnlichsten Arten zeigen Fig. 596 und 597, erstere besonders in Gross-Almerode, in der Provinz Hessen, hergestellt. Abgeänderte Formen, welche eine Zwischenstellung zwischen Pfannen und Falzziegeln einnehmen, stellen die Fig. 598a und b und Fig. 599 dar. First, Ort und Grate werden hierbei gewöhnlich mit Schiefer gedeckt.

Fig. 600a und b zeigt das italienische Dach, eine Nachahmung des griechischen Tempeldaches, welches bei uns allerdings als Ziegeldach gar nicht, jedoch in ähnlicher Form als Zementplattendach vorkommt.*)

d. Das Falzziegeldach.

Falzziegel haben, wie schon der Name andeutet, an den Rändern Falze und Leisten, welche passend in einander greifen, um so ohne Verwendung von Mörtel eine dichte Eindeckung zu liefern. Hauptbedingungen für die Güte dieser Dächer sind: 1. inniger Zusammenschluss der einzelnen Ziegel in den Falzen; 2. Luftdurchlässigkeit von innen nach aussen; 3. Dichtigkeit gegen Regen und Schnee; 4. Widerstandsfähigkeit gegen Sturm usw. Diese Bedingungen müssen ohne Zuhilfenahme fremder Materialien erfüllt werden. Hierbei ist ein in jeder Weise vorzügliches Deckungsmaterial Voraussetzung. Die Steine müssen

*) Vergl. Deutsche Bauzeitg. 1878, S. 391.

von bestem Thon gebrannt, undurchlässig und durchaus nicht windschief sein. Ein mit Mörtel verstrichenes oder sonstwie gedichtetes Falzdach, wie es wohl häufig ausgeführt wird, ist fehlerhaft.*)

Als Dachneigung ist $^1/_6$—$^1/_4$ der Gebäudetiefe anzunehmen.

Die Falzziegel haben die verschiedensten Formen und es können deshalb hier nur die bekanntesten und gebräuchlichsten angeführt werden. Fast alle haben der Länge nach Rippen oder eingepresste Erhöhungen, welche insbesondere das Ableiten des Regenwassers von den Fugen der nächst unteren Lage bezwecken.

Die etwa 20 % geringere Dachneigung ergiebt eine Kostenersparniss gegenüber dem Kronendach und daneben ein geringeres Gewicht. Sonstige Vorzüge sind: die schnelle Ausführung der Deckarbeit; guter Abfluss der Niederschläge, daher schnelles Trocknen und voraussichtlich grössere Dauerhaftigkeit gegenüber den früher beschriebenen Dächern; Sicherheit gegen Eindringen von Nässe (nur bei vorzüglichem Material!) und grosse Leichtigkeit der Ausführung von Reparaturen, weil der neue Stein vom Dachboden aus eingeschoben werden kann.

Fig. 601.

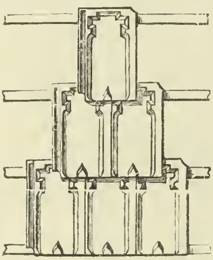


Fig. 602.

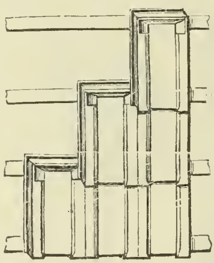


Fig. 603.

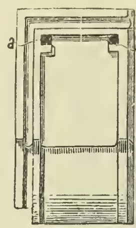


Fig. 604.

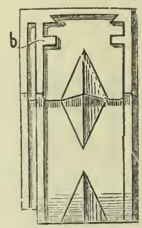


Fig. 605.

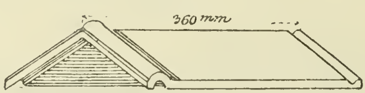


Fig. 606 a u. b.

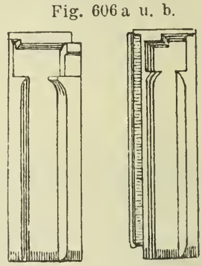


Fig. 601 und 602 zeigen die beiden vorkommenden Eindeckungsweisen: mit wechselnden Längsfugen und mit gerade aufsteigenden Fugen. Fig. 603 und 604 stellen zwei sehr gebräuchliche Falzziegel-Formen dar, von denen die letztere besonders den Namen „französischer Falzstein" erhalten hat. Sie sind meist 38 cm lang, 23 cm breit und erfordern eine Lattungsweite von 30—31 cm. Ihr Gewicht beträgt 2,75 bis 2,95 kg, der Verbrauch 16 Stück auf 1 qm. Firste und Grate werden mit besonders geformten Steinen, die an den Stössen übergreifende Falze haben, gedeckt, Fig. 605. Zur Eindeckung der Orte werden besondere Rechts- und Linksziegel, Fig. 606 a und b angefertigt.**)

Grössere Dichtigkeit verspricht ein Falzziegel mit doppeltem, an allen vier Seiten schliessendem Falzverbande von Ludowici in Ludwigshafen, Fig. 607 a, b, c.

Eine ganz abweichende, den Biberschwänzen ähnliche Form zeigen Fig. 608 a und b, letztere die Rückseite des Steines darstellend. Es sind die sogen. Schuppenziegel. Die Anwendung geht aus der Zeichnung hervor.

Durch gutes Aussehen zeichnen sich noch die sogen. Schweizer Parallelfalzziegel aus, welche, in der Schweiz viel angewendet, in Norddeutschland haupt-

*) Vergl. auch Deutsche Bauzeitg. Jahrg. 1892, S. 345.
**) Vergl. auch Deutsche Bauzeitg. Jahrg. 1876, S. 33.

sächlich von der Rathsziegelei in Freienwalde angefertigt werden, Fig. 609a und b. Diese Falzziegel haben vor den französischen den Vorzug, dass bei ihrer Herstellung kein Nachpressen erforderlich ist, sondern dass sie unmittelbar aus der Form in einem Strange herausgepresst und von diesem durch eine sinnreiche Vorrichtung abgeschnitten werden. Sie bieten deshalb mehr Gewähr gegen Wasserdurchlässigkeit, als die französischen Falzziegel.

Die Lattungsweite dieses Falzziegeldaches beträgt 32 cm, das Gewicht eines Steines 2,5 kg, das von 1 qm Dach einschliesslich Latten etwa 40 kg, also noch nicht so viel, wie dasjenige des Kronendaches, der Bedarf 16 Ziegel auf 1 qm.

Fig. 607a.

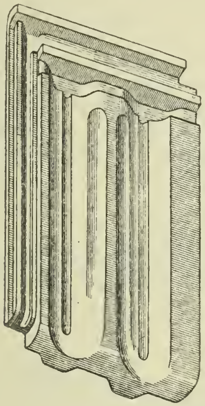


Fig. 608a.

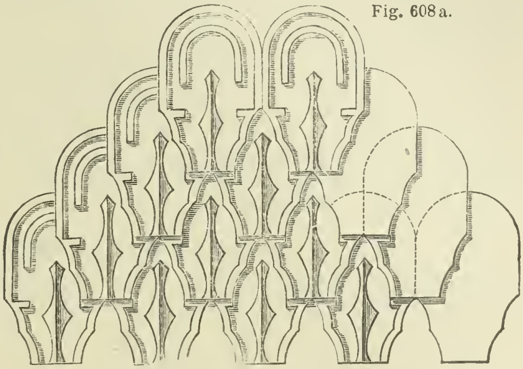


Fig. 609 a u. b.

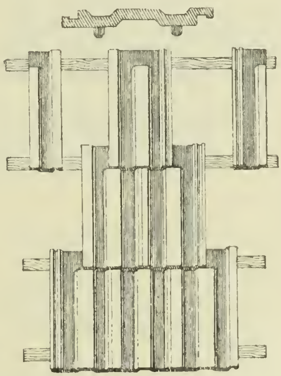


Fig. 608b.

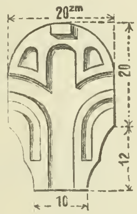


Fig. 607b.

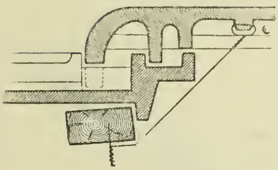


Fig. 607c.

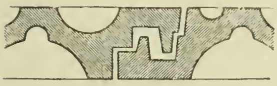


Fig. 610 a u. b

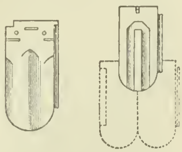


Fig. 610a und b zeigen die Thurmfalzziegel von Ludowici in Ludwigshafen, welche mit Nägeln auf einer Schalung befestigt werden müssen. Ihre Grösse beträgt 20 × 12,5 cm oder 15,5 × 10 cm, so dass von der ersten Sorte 40, von der zweiten 65 Stück auf 1 qm zu rechnen sind.

Ziegeldächer über Stallgebäuden, besonders über Pferdeställen halten sich infolge des schädlichen Einflusses des warmen und feuchten Stalldunstes und seines Gehaltes an ammoniakalischen und salzsauren Dämpfen nicht gut, wenn nicht für ausreichende Luftzüge gesorgt ist; gleichzeitig führen dieselben ein schnelles Verderben der unter dem Dach aufgespeicherten Futtervorräthe herbei. Da der nur auf Temperatur-Unterschieden beruhende Luftwechsel zu Zeiten sehr gering ist, müssen die Decken über Stallräumen mitbezug auf dunstdichten Abschluss besonders sorgfältig hergestellt werden.

Bedachungen mit Falzziegelsorten, welche eines Mörtelverstriches nicht bedürfen, können zu jeder Jahreszeit ausgeführt werden. Für Ausführung anderer Ziegeldächer ist aber Folgendes zu merken:

1. wähle man zur Eindeckung eine Jahreszeit und solche Tage, an denen der Mörtel nicht zu schnell trocknet, also nicht den heissen Sommer, weil der Kalkverstrich sonst schnell abfallen würde;
2. decke man nicht zu spät im Herbst ein, wenn schon Nachtfröste voraussehbar sind, welche gleichfalls dem Mörtelverstrich gefährlich werden;
3. lasse man die Steine beim Eindecken stark nässen;
4. verwende man keinen zu dünnflüssigen und zu fetten Mörtel, weil dieser leicht rissig wird, setze demselben auch Kälberhaare zu, um das Abfallen zu verhindern.*)

III. Plattendächer.

a. Glasziegel.

Solche werden, ausser in Platten, in den verschiedensten Formen, als: Biberschwänze, französische Falzziegel usw. hergestellt, um anstatt der verwickelten Oberlichtkonstruktionen, zwischen Ziegelsteinen in gewöhnlicher Weise eingedeckt, zur Erhellung des Dachraumes zu dienen.

b. Zementplatten-Dächer.

Dachplatten aus Zement wurden zuerst zu Anfang der 40er Jahre zu Staudach in Bayern aus den in jener Gegend gewonnenen, natürlichen Zementen angefertigt

Fig. 611 a u. b.

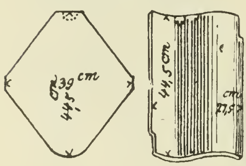


Fig. 612 a.

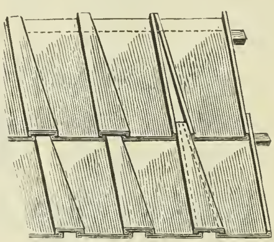


Fig. 612 b.

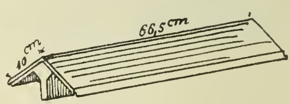
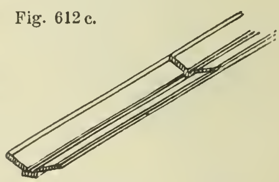


Fig. 612 c.



und haben sich trotz des dortigen rauhen Gebirgsklimas überraschend gut gehalten. Staudacher Zementplatten werden nach Fig. 611 a und b sowohl als Flachziegel, wie auch als Pfannen in Stahlformen gefertigt und ergeben bei ihrer ausserordentlichen Grösse und nur 13 mm Stärke ein sehr leichtes Dach (bei trockenem Wetter 40 % leichter als ein Doppeldach).

Die Kind'schen Zementplatten, Fig. 612a, nach Art der italienischen Dachdeckung in Elbing hergestellt, bestehen aus Platten und Deckeln, deren Zusammenfügung aus der Figur ersichtlich ist. Die Hauptplatten sind 55 cm lang, im Mittel 31 cm breit und 12 mm stark. Die Lattungsweite beträgt 45 cm, so dass für 1 qm Dachfläche acht Haupt- und acht Deckplatten gebraucht werden. Tränkung der Ziegel mit Theer oder einem anderen, die Nässe abwehrenden Stoffe ist nothwendig, ebenso für die Giebel die Anfertigung besonderer Ortsteine, wie bei den Falzziegeln. Firstziegel und Kehlsteine zeigen die Fig. 612 b und c.

Die Elbinger Zementplatten, Fig. 613, sind 47 cm lang, 31,5 cm breit, 13 mm stark und haben das Gewicht von 5,5 kg. Ihre doppelte Wölbung hat bei *a* 13 mm Stich; die Dachneigung ist 1 : 3.

*) Weiteres über Dachziegel in Deutsche Bauzeitung 1885 S. 56, 1887 S. 585, Centralbl. der Bauverwaltg. 1889 S. 158, „Arbeiten des Dachdeckers“, Darmstadt 1866 und Romberg's Zeitschr. für prakt. Baukunst. 1862.

In Oberkassel werden Zementfalzplatten, Fig. 614a, b und c, angefertigt, welche 30 cm Seitenlänge und Abstumpfungen an zwei gegenüberliegenden Ecken haben, so dass sich hier noch zwei kürzere Seiten von 7,5 cm Länge ergeben. Die Platten überdecken sich an zwei Seiten um 5 cm, so dass für 1 qm 16 Platten erforderlich sind. Bei 1 cm Stärke wiegt das Stück nur 2,5 kg und 1 qm eingedeckter Fläche etwa 40 kg. Diese Platten sollen selbst bei $^1/_{10}$ Dachneigung noch anwendbar sein; doch ist anzurathen, erheblich grössere Neigungen zu geben.

Eine von allen Dachziegelformen sehr abweichende Gestalt haben die Konkret-Dachziegel von Jörgensen und Kahland zu Wedel in Holstein, Fig. 615a, b und c. Dieselben eignen sich bei 34,5 cm Lattungsweite sowohl für flache Dächer, bis 25° Neigung, als auch für Mansardendächer bis 75°, also 1 : 2 bis 1 : 4, und werden in verschiedenen Farben geliefert. Der winkligen Ablaufkante entsprechend haben die Dachziegel oben einen vertieften Ansatz *f* mit Ausschnitten $a\,a^1$, in welche die Zinkrinnen *b* münden, um das in die Fugen aufgenommene Wasser auf die Mitte des unteren Dachziegels zu leiten. Den gleichen Zweck erfüllen die spitzwinklig zu einander angeordneten Rippen r^1, sowie die winklig geschnittenen

Fig. 614a, b u. c.

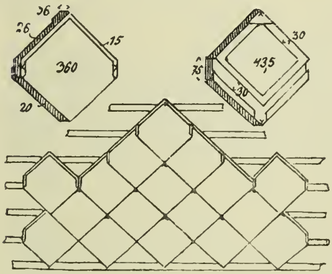


Fig. 615a—c.

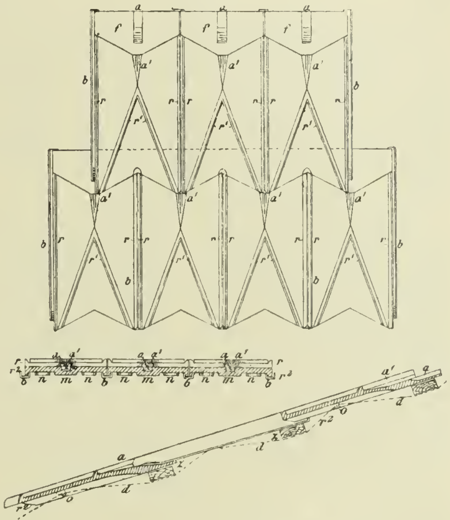
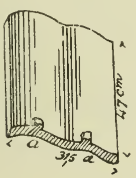


Fig. 613.



Ablaufkanten. An der unteren Fläche sind die Dachziegel mit Rippen r^2 versehen, über welche die Zinkrinnen *b* fortgreifen und so einen Doppelfalz herstellen, welcher das Durchdringen des Wassers verhindert. Die Nasen *n n* und der Ablauf *m* dienen zum Anhängen und als Auflager für die Ziegel; die Nasen *n* greifen dabei so weit über in die Dachlatten eingetriebene Nägel, dass zwischen den Nasen und der Dachlatte ein Raum *z* entsteht, durch welchen sich etwa bildende Schwitzwassertropfen bewegen und an der unteren Fläche der Ziegel bis in den Wasserlauf derselben gelangen können, ohne von den Dachlatten abzutropfen. Die Oese *o* dient zur Aufnahme eines die Dachziegel mit den Latten verbindenden Drahtes *d*, wodurch das Abheben der Ziegel durch den Wind verhindert wird.

Zur Deckung von 1 qm Dach sind etwa 15 Ziegel erforderlich; das Gewicht beträgt nebst Lattung etwa 42 kg. Für Eindeckung der Grate und des Firstes werden besondere Ziegel geliefert, die in magerem Zementmörtel zu verlegen sind; die Kehlen werden mit Zinkblech ausgelegt, die anschliessenden Steine passend zugehauen.

Ueber sonstige Ausführung regendichter und feuersicherer Dachdeckungen (Mauerkonstruktionen usw.) siehe Hauptabschnitt IV.

IV. Das Schieferdach.

a. Allgemeines.

Eine der verbreitetsten Eindeckungsarten ist die mittels Schiefer. Obwohl in Deutschland vorzüglicher Schiefer mehrfach gebrochen wird, zieht man demselben doch vielfach englisches und französisches Material vor, und dies insbesondere in der Nähe der Küste, wo der Seetransport dem englischen Erzeugnisse einen Vorzug im Preise sichert. Schiefriges Gefüge ist verschiedenen Gesteinen eigen und alle werden auch in der Nähe der Fundorte zum Dachdecken benutzt, obgleich mehrere darunter, wie z. B. der Sollinger Sandstein und der Solnhofener Jurakalk, sich wegen ihrer geringen Wetterbeständigkeit nur wenig dazu eignen.

Gute Dachschiefer (Thonschiefer) müssen bei bläulich-schwarzer oder röthlichbrauner Färbung glatte Oberfläche und geringes Wasseraufsaugungsvermögen haben, beim Anschlagen hell klingen und leicht spalten, sich bohren und durchlochen lassen. Fehler sind: Gehalt an Schwefelkies, kohlensaurem Kalk und Kohle. Schwefelkies oxydirt in feuchter und warmer Luft leicht und verursacht dabei die Zerstörung des Gesteins; er ist, wenn grobkörnig, an seinen messingglänzenden Kristallen, beim Glühen des Schiefers an dem Geruch nach schwefeliger Säure zu erkennen, während kalkhaltige Schiefer beim Benetzen mit Salzsäure aufbrausen, kohlenhaltige beim Glühen an Gewicht verlieren.

Die sicherste Probe zur Ermittelung der Güte eines Thonschiefers ist folgende: man schüttet in ein Glasgefäss ein wenig Schwefelsäure, hängt in ersteres ein Stück Schiefer, ohne dass dasselbe mit der Säure in unmittelbare Berührung kommt, und verschliesst darauf das Gefäss möglichst luftdicht. Nach einiger Zeit wird schlechter Schiefer abblättern, während guter unversehrt bleibt. Ausser durch die in der Luft enthaltene schwefelige Säure wird bei grösserer Porosität Schiefer durch Frost zerstört.

Bei Lieferung von Dachschiefer sind die Brüche vorzuschreiben. Die bekanntesten Dachschiefer sind die englischen (in Wales: bei Port Madoc, Bangor, Port Penrhyn, Carnarvon), die französischen von Angers und Rimogne (letzterer grüner Chloridschiefer), die deutschen von Nuttlar a. d. Ruhr, von Lehesten in Thüringen, von Caub a. Rh. usw. Besonders der Lehestener Schiefer ist den besten englichen Schiefern gleichzustellen. Im allgemeinen zeigen die deutschen Schieferbrüche eine grosse Ungleichmässigkeit der Bänke, so dass die Tafeln nicht in derselben Gleichförmigkeit, Grösse und Dicke gewonnen werden können, wie das bei den englischen und französischen der Fall ist; es begründen sich dadurch grosse Unterschiede der deutschen Eindeckungsmethode gegen die englische. Bei Lieferung deutschen Schiefers muss daher ein Kleinstmaass der Tafeln von 21 ^{cm} Durchmesser festgesetzt werden.

Kaum bei einer anderen Dachdeckung kann der Bauherr in gleich leichter Weise durch unreelle Ausführung übervortheilt werden, wie bei Schiefereindeckungen. Vor dem Beginn der Arbeit lasse man deshalb die an Schiefer erforderliche Menge in leicht nachzuzählenden und zu prüfenden Haufen aufsetzen und behalte den etwa nicht verbrauchten Rest zurück. Anderenfalls liegt die Gefahr nahe, dass ein unzuverlässiger Unternehmer die Tafeln mit ungenügender Ueberdeckung verlegt, um dadurch für sich eine Ersparniss an Material zu erzielen.

Sehr schwierig ist die Beaufsichtigung von Reparaturarbeiten. Abgesehen davon, dass die Arbeiter manchmal mit Absicht auch gute Stellen der Deckung zertreten, um dadurch eine Vermehrung ihrer Arbeitsleistung zu erreichen, verwenden sie von dem zersprungenen Material noch dasjenige, welches eingedeckt, die Risse und Sprünge nicht erkennen lässt. Besonders erleichtert sind derartige und andere Unredlichkeiten bei geschalten Dächern, während sie bei Lattung unschwer entdeckt werden.

Schieferdächer erhalten $^1/_4$ bis $^1/_3$, nur bei bestem englischen Schiefer und günstigen klimatischen Verhältnissen Höhen bis zu $^1/_5$ der Gebäudetiefe, in rauheren Gebirgs- und offenen Küstengegenden und bei gewöhnlichem Material $^2/_5$ bis $^1/_2$. Kleinere Schiefer erfordern zwar grössere Steilheit des Daches und grössere Schwere desselben, leisten aber dem Schnee- und Winddruck, sowie beim Begehen besseren Widerstand.

Als geringste Ueberdeckung der Schieferplatten ist anzunehmen:

Dachneigung	bei einem Doppeldach	bei einem einfachen Schablonenschiefer-Dach von engl. oder meiningenschem Schiefer	bei einem deutschen Dach von gewöhnlichen, unregelmässigen Platten
1 : 6	95 mm	—	—
1 : 5	88 mm	—	—
1 : 4	80 mm	110 mm in der Fussschicht, sonst 70 mm	—
1 : 3	70 mm	80—82 mm in der Fussschicht, sonst 70 mm	—
1 : 2 od. 2 : 5	60 mm in der dritten Schicht	70 mm in der Fussschicht, sonst 60 bis 70 mm	82 mm in der Fussschicht 70 mm im Mittel 53 mm oben.

Englische und thüringensche Schiefer sind in der Breite mehr als $^2/_3$ zu überdecken, damit, wenn ein Stein heraus fällt, die Schalung nicht sichtbar wird. Bei ungleichmässig starken Platten muss die dünnere Kante die überdeckte, die dickere die überdeckende werden, damit dichte Fugen entstehen. Die glatteste und ebenste Seite ist nach oben zu legen. Erhöhungen („Putzen") müssen dann durch einen Meissel abgestossen werden, wenn der Stein auf der Schalung oder auf einem anderen aufliegen soll. Treffen dieselben auf den hohlen Zwischenraum zwischen zwei Latten, so sind sie unschädlich. Die Nagellöcher sind so einzuhauen, dass die durch Aussplitterung entstehende, trichterförmige Erweiterung nach oben kommt und sammt dem Nagelkopf durch den darüber liegenden Stein verdeckt wird. Nur bei Ort-, First- und Schlusstafeln muss umgekehrt verfahren werden. Hierzu sind mindestens 32 mm, besser 40—50 mm lange Schmiedenägel zu verwenden, die man zum Schutz gegen Rosten verzinkt, besser verbleit oder verkupfert. Noch haltbarer, aber theurer sind Kupfernägel, oder wenigstens solche, die aus einer Legierung von Kupfer und Zink oder Zinn gepresst sind.

Die Eindeckung mit grossen Platten kann auf Lattung oder Schalung, mit kleinen Platten nur auf Schalung erfolgen. Lattung hat den Nachtheil, dass bei nicht ganz vorzüglichem Material und sehr sorgfältiger Eindeckung Schnee durch die Fugen der Deckung in den Dachraum eindringen kann; letzterer ist daher in seiner Temperatur sehr abhängig von Witterungswechseln. Andererseits schützt Lattung vor einigen erheblichen Nachtheilen der Schalung, als: dass man nur schwer Undichtigkeiten der Deckung von innen aus auffinden und ebenso schwer ausbessern kann; dass durch das Werfen der Bretter und durch das Begehen des Daches die Tafeln leicht beschädigt werden; endlich, dass die Bretter infolge der Durchnässung durch die sich am Schiefer niederschlagende Luftfeuchtigkeit leicht faulen. — Die Schalbretter dürfen nicht schwächer als 25 mm und nie breiter als 20 cm verwendet und müssen mit 70—80 mm langen vierkantigen Nägeln höchstens 20—25 mm von der Langfuge entfernt genagelt werden, damit sie durch das Werfen nicht die Steine zersprengen. Auf gleichmässige Stärke der Bretter sowohl, als der Latten ist besonders zu sehen; auch sind ihre Stösse zu verschieben. Sehr zu empfehlen ist es, die geschalten Dächer zunächst mit Dachpappe einzudecken, weil dadurch das Eindringen von Regen und Schnee gänzlich verhindert, dann aber auch dem Durchnässen der Bretter durch das Schwitzwasser begegnet wird.

Schliesslich sei erwähnt, dass Schiefer starke Hitze nicht ertragen kann, bei einem Brande also sehr bald springt; das wird besonders bei Schwefelkies oder kohlensauren Kalk enthaltenden Platten geschehen.*)

*) Siehe Deutsche Bauztg. 1868, S. 161 ff., Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 133.

b. Die englische Deckart.

Die englische Deckart erfolgt entweder auf Lattung oder auf Schalung und sowohl nach Art des einfachen Ziegeldaches oder, was am häufigsten vorkommt, nach Art des Doppeldaches. Im ersteren Falle übergreifen sich die rechteckigen, parallel zur Firstlinie liegenden Platten so weit, dass die Schieferlagen überall doppelt sind. Die Fugen müssen mit Kitt oder Kalkmörtel gedichtet werden. Diese wenig empfehlenswerthe Deckungsart wird nur bei steilen Dächern da anzuwenden sein, wo auf Kostenersparniss besonders Rücksicht zu nehmen ist.

Bei der doppelten Eindeckung ist die Lattungsweite etwas geringer als die Hälfte der Tafellänge, damit der erste Stein den dritten immer noch etwas überdeckt, um das Eindringen von Schnee und Regen in die Fugen zu verhindern, Fig. 616. Häufig legt man die Platten auch übereck, Fig. 617. Die Nagelung ist etwa 15 mm von der oberen Kante entfernt mit zwei Nägeln, besser aber in der Mitte der Tafel, nach Fig. 618, auszuführen, so dass die Nägel gleichzeitig

Fig. 616.

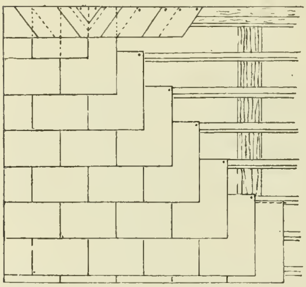


Fig. 618.

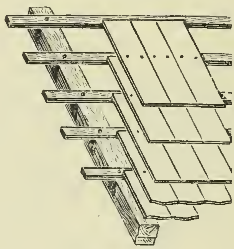


Fig. 619.

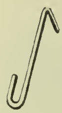


Fig. 617.

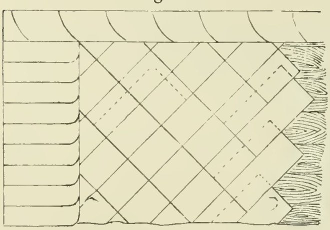


Fig. 620.

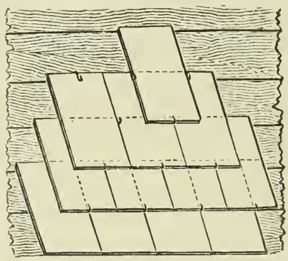
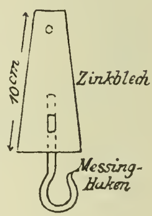


Fig. 621.



die obere Kante des darunter liegenden Schiefers festhalten und somit die Tafeln gegen das sehr schädliche Rütteln durch den Sturm sichern, dessen Angriffskraft bei dem erheblich kleineren Hebelarme eine geringere ist. Sehr empfehlenswerth ist die Eindeckung nach dem System Mauduit & Béchet, bei welchem die Nagelung des Schiefers, die so leicht zum Ausspringen desselben Veranlassung giebt, ganz vermieden wird. Die Schieferplatten werden hierbei durch Drahthaken, Fig. 619, die bei Lattung eingehängt, bei Schalung aber am oberen Ende zugespitzt und wie ein Nagel in das Holz eingeschlagen werden, am unteren Ende festgehalten, Fig. 620. Anstatt Haken aus Kupfer- oder Messingdraht gefertigt, worüber neben guten auch ungünstige Erfahrungen vorliegen,*) verwendet man jetzt auch solche nach Fig. 621; nur die Firstplatten müssen hierbei genagelt werden. Die Vorzüge dieser Eindeckungsart sind: 1. dass die Befestigungsstelle am unteren Ende der Platten liegt, wodurch den

*) Deutsche Bauzeitg. 1886, S. 624; über die Gefahr bei Verwendung von Messingdraht Jahrg. 1876, S. 111.

Stürmen grösserer Widerstand geleistet wird; 2. dass Reparaturen sich sehr leicht ausführen lassen, weil nur die Haken umzubiegen, die Platten zu entfernen und neue einzulegen sind, während bei genagelten Dächern stets eine grössere Fläche aufgenommen werden muss und zuletzt die Nagellöcher unbedeckt bleiben; 3. dass bei nöthig werdender Umdeckung die Schieferplatten, da sie nicht durchlocht sind, in beliebiger Weise wieder verwendet werden können.

Fig. 622 a.

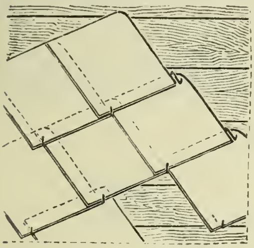


Fig. 622 b.

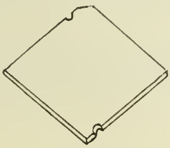


Fig. 623.

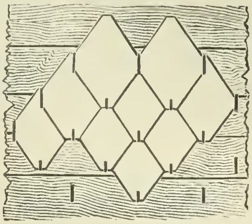


Fig. 624 u. 625.

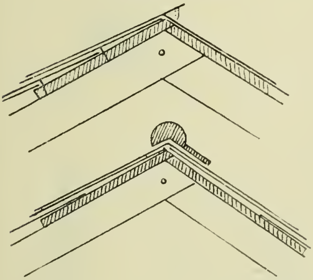


Fig. 626 a u. b.

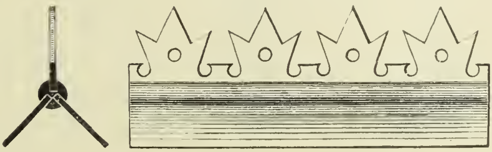


Fig. 622a und 623 zeigen die Eindeckung mit Schablonenschiefer, Fig. 622b eine Schieferplatte nach Fig. 622a, welche oben und unten mit Einkerbungen versehen ist, um Drehung zu verhindern.*)

Nachstehende Tabelle giebt die Grösse englischer Schieferplatten, den Bedarf für 1 qm Dachfläche usw. an.**)

Grösse cm	Erforderliche Stückzahl für 1 qm	Lattungsweite bei schräger Deckung cm	Lattungsweite bei gerader Deckung cm	Lattenbedarf	Gewicht für 1200 Stück Schiefer kg	Nägel Stück für 1 qm
61/36	10,5	35	28,5	2,90—3,70	3000	24
61/30	12,4				2600	28
56/30	13,7	30	23,5	3,35—4,50	2450	31
51/25	18,3				1675	40
46/23	23,0	28	21	3,65—5,00	1350	50
41/20	30,0	25,5	18	3,95—5,85	1050	64

Traufe und First werden etwa 30 cm breit eingeschalt, erstere bei überstehenden Dächern gänzlich und dann auch mit gespundeten oder wenigstens gefalzten Brettern. Die Eindeckung der Firste und Grate geschieht in der Weise, dass die dem Wetter abgekehrte Seite von der obersten Schieferreihe der Wetterseite um 6—8 cm überragt und die Fuge mit Haarkalk verstrichen wird, Fig. 624. Besser ist die Ueberdeckung mit Patent-Firststeinen, Fig. 625 oder Fig. 626 a und b, oder mit Zink- oder Eisengussplatten, welche später beschrieben werden soll.

*) Deutsche Bauzeitg. 1868, S. 161 und 175.

**) Weiter gehende Mittheilungen hierzu in Hilfswissensch. z. Bauk. I. S. 17 ff.

Sehr ähnlich der englischen Eindeckung ist die französische; nur dass hierbei statt der Latten keilförmige Bretter von 11—13 cm Breite und 15—16 mm Dicke verwendet werden, deren Befestigungsweite ganz nach der sehr verschiedenen Grösse der Schieferplatten einzurichten ist, welche in ihrem sichtbar bleibenden Theile schuppenartig, nach Kreis-, Spitzbögen usw. gebildet sind, Fig. 627. Zur Eindeckung der Grate, Firste usw. wird Walzblei, Weissblech, hauptsächlich aber Zinkblech verwendet. Die Blechkappen werden auf der Schalung mit verzinkten Nägeln in 30—45 cm Entfernung befestigt, deren Köpfe mit kleinen, aus Zinkblech gestanzten Hauben überwölbt werden, Fig. 628. Profilirte Firstleisten zeigen Fig. 629a und b.

Empfehlenswerth ist die Eindeckung der Grate mit gefalzten Zinkplatten, Fig. 630, durch welche, da Nagelung oder Löthung nicht stattfindet, dem Metalle die Möglichkeit der Ausdehnung usw. gewahrt bleibt.

Fig. 627.

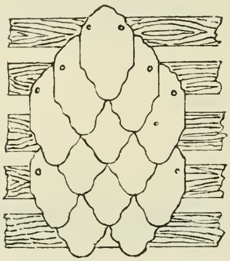


Fig. 628.



Fig. 629a.



Fig. 630.

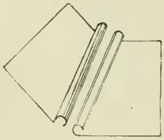


Fig. 629b.

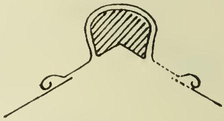
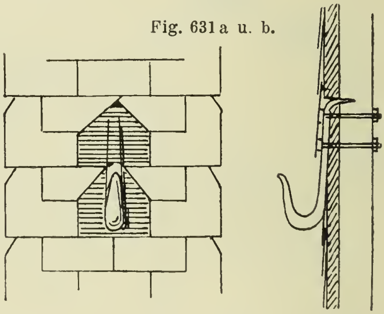


Fig. 631a u. b.



Dachhaken dienen bei den Schieferdächern zum Anhängen von Leitern und werden mit Schrauben an den Sparren befestigt, Fig. 631a und b. Die obere Hälfte des Hakens wird mit Blech abgedeckt, während die untere einer eben solchen Unterlage bedarf, damit das vom Haken ablaufende Regenwasser nicht eindringe. Uebrigens sind Haken, wenn es nur auf die Möglichkeit der Erreichung jedes Punktes der Dachfläche ankommt, erst erforderlich, wenn das Dach steiler als das sogen. Dritteldach (Höhe = $^1/_3$ der Basis des Satteldaches) ist. Man wird aber zum Schutz des Daches gegen Betreten besser thun, Haken gänzlich ohne Rücksicht auf die Neigung überall anbringen zu lassen.

c. Die deutsche Deckart.

Da die Schieferplatten deutscher Brüche, wie schon erwähnt, gewöhnlich von sehr ungleicher Grösse, auch kleiner als die der englischen und französischen Brüche sind, erhalten solche Dächer stets Schalung. Entsprechend den Bezeichnungen am Dache unterscheidet man hierbei: 1. Fussteine (Trauf-), 2. Ortsteine (Giebel-), 3. Firststeine, 4. Kehlsteine und 5. Decksteine. Die einzelnen Reihen heissen Gebinde und darnach giebt es wieder Fuss-, Ort-, First-, Kehl- und Deckgebinde. Zu den unteren Reihen der zum First schräg aufsteigende Linien bildenden Deckgebinde verwendet man die grösseren, weiter nach oben die kleineren Platten, wobei man den Gebinden um so stärkere Ansteigung giebt, je flacher das Dach ist. Je nach der vorherrschenden Windrichtung soll das Dach von rechts nach links oder umgekehrt eingedeckt werden, damit nicht der

Sturm Schnee und Regen in die Fugen treiben kann. Gewöhnlich erfolgt die Deckung aber nach rechts ansteigend.*)

Grosse Decksteine werden mit drei, kleinere nur mit zwei Nägeln auf die Borde (Bretter) aufgenagelt, wobei darauf zu achten ist, dass die Nagelung nur auf einem, nicht zwei Borden erfolgt, weil durch die Bewegung des Holzes der Stein leicht zersprengt werden würde. Es darf ferner niemals ein Deckstein über zwei darunter liegende fortgreifen, weil hierdurch das Dach undicht würde; ebenso wenig darf ein Stein kürzer sein, als ein darunter liegender. Beim Decken wird nach Fig. 632a mit den ersten drei Fussteinen rechts begonnen und jeder mit drei, vier oder fünf Nägeln, je nach der Grösse, befestigt, darauf der Anfang mit dem ersten Deckgebinde gemacht; so geht es weiter. Die Fussteine lässt man 8—10 cm über das Hauptgesims fortreichen (überstehen), wenn die Traufe nicht mit Zinkblech abgedeckt ist. Die Firststeine werden zum Schluss

Fig. 632b. Fig. 632c.

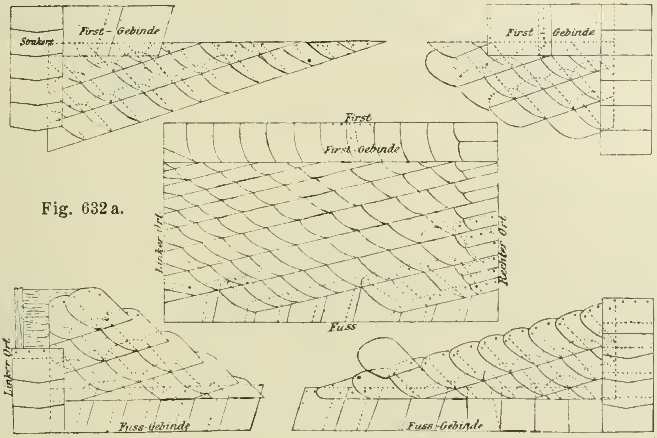
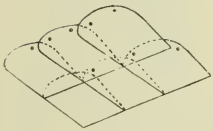


Fig. 632a.

Fig. 632d. Fig. 632e.

Fig. 633.



der ganzen Dachfläche gewöhnlich von links nach rechts in einem gleich breiten Gebinde aufgenagelt. Diese Steine müssen also gleich hoch, können aber ungleich breit sein. Der Ueberstand nach der Wetterseite beträgt wieder 6—8 cm, ebenso bei den Graten. Beide müssen gut mit Haarkalk verstrichen werden. Zu den Ortsteinen, welche zugleich mit jedem zugehörigen Deckgebinde befestigt werden, nimmt man kleinere Steine, damit die Nägel dichter stehen und dem Winde besser Widerstand geleistet werden kann. Bisweilen werden jedoch die Orte mit einem gleich breiten Gebinde — Strakort — eingedeckt, Fig. 632b, c, d, e, wobei die Linie, mit welcher sich die Strakortsteine überdecken, eine gerade, wie in Fig. 632c, zuweilen aber auch, mit Ausnahme des untersten Steines, eine gebogene oder stumpfwinklige sein kann. Auch das Fussgebinde besteht dann aus gleich hohen Platten.

Fig. 633 zeigt eine an manchen Orten gebräuchliche, von der gewöhnlichen abweichende Form der Decksteine.

Die Eindeckung der Kehlen bei Schieferdächern kann in der Weise bewirkt werden, dass man dieselben zunächst durch Verschalung ausrundet und dann mit

*) Ueber die Form und Verwendung der verschiedenen Gattungen von Dachschiefer siehe „Die Arbeiten des Dachdeckers", Darmstadt, 1866.

kleineren, sehr dicht gelegten Platten auskleidet, Fig. 634; die Ränder auch dieser Platten müssen sich 6—10 cm überdecken. Fig. 635 zeigt die Eindeckung eines ganzen Daches auf deutsche Art mit Graten, Kehlen, rundem Treppenvorbau, Schornsteinöffnungen und Dachfenstern. Die Wangen der Dachfenster werden mit ebensolchen Kehlsteinen bedeckt. Man thut gut, wenigstens die Kehlen, den First und die Grate mit Dachpappe auszukleiden und darauf erst den Schiefer zu nageln, wenn man nicht vorzieht, hier statt desselben Zinkblech zu verwenden, was besonders bei Kehlen von bedeutender Länge anzurathen ist, weil das in grosser Menge zusammenfliessende Wasser leicht unter die Kehlsteine und in den Dachraum dringen kann. Das Zinkblech wird an beiden Seiten etwa 15 mm breit umgebogen, Fig. 636; doch muss der umgebogene Streifen nicht fest aufliegen, sondern 1—2 mm abstehen, damit eindringendes Wasser sich nicht weiter verbreiten kann. Der Ueberstand der Schieferplatten beträgt 10—12 cm. Die Zinktafeln werden durch Blechklammern („Hafte") in gewöhnlicher Weise befestigt,

Fig. 634.

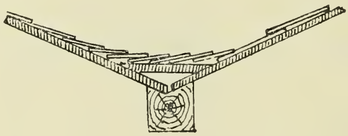


Fig. 636.

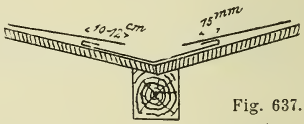


Fig. 635.

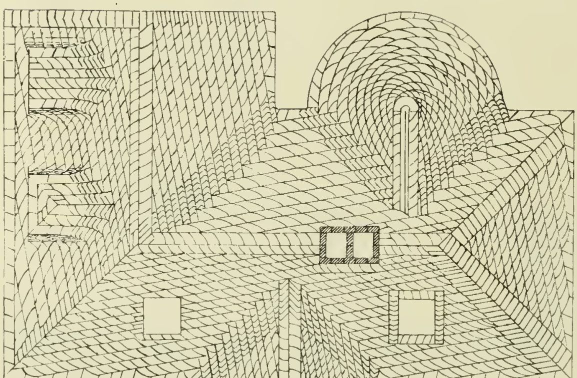
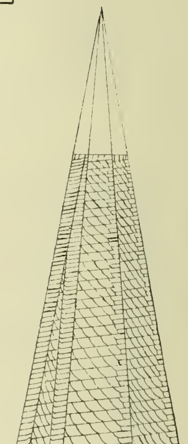


Fig. 637.



damit sie zum Ausdehnen und Zusammenziehen freien Spielraum behalten. Vorzüglich eignet sich die deutsche Deckart zur Bekleidung von Mansarden- und Thurmdächern. Fig. 637 zeigt ein Thurmdach, dessen Spitze mit Blech bekleidet ist. Die Grösse der Schieferplatten nimmt von unten nach oben ab. Die linke Seite stellt die Strakort-Eindeckung dar, welche hier weniger angebracht ist, als die gewöhnliche.

Wird die Forderung vollständiger Feuersicherheit an ein Schieferdach gestellt, so ist dasselbe nach dem System Monier so einzudecken, dass der Schiefer mittels Bindedraht auf einem Drahtnetz von 8 cm Maschenweite befestigt wird, welches seinerseits wieder auf einem Dachgespärre aufruht. Nach Fertigstellung eines Feldes zwischen Pfetten und Bindern erfolgt von der Unterseite aus das Gegentragen des Zementmörtels gegen das Dachgerippe und den Schiefer, der durch Abbinden mit dem Mörtel auch ein festes, gegen Sturm gesichertes Lager erhält.*)

*) Weiteres über diese Konstruktion siehe in G. A. Wayss, Das System Monier, Berlin 1886; über die deutsche Deckungsart „Die Arbeiten des Dachdeckers", Darmstadt 1866.

V. Die Asphaltpappe-Dächer.

a. Allgemeines.

Das Neigungsverhältniss der Asphaltpappe-Dächer ist weniger eng begrenzt, als das der Schiefer- und Ziegeldächer. Gewöhnlich wird $^1/_{15}$ der Gebäudetiefe als Dachhöhe angenommen; doch ist einerseits noch eine solche von $^1/_3$, andererseits auch von $^1/_{20}$ der Gebäudetiefe ausführbar. Zu berücksichtigen ist dabei jedoch, dass eine zu grosse Neigung das Ausfliessen bezw. Auswaschen des Theers bei heissem Sonnenschein und bei Regen befördert, wie auch zu einem Abheben der Dachpappe infolge Luftverdünnung auf der dem Sturme abgekehrten Seite des Daches Veranlassung giebt, Fig. 638. Dies ist zwar bei flachen Dächern nur wenig zu fürchten; dafür besteht aber die Gefahr, dass der Sturm das Regenwasser aufwärts gegen den Dachfirst treibt. Darnach sind Dachneigungen von 1 : 10 bis 1 : 15 der Gebäudetiefe am empfehlenswerthesten.

Das Pappedach lässt bei der Leichtigkeit des Deckmaterials die leichteste Dachkonstruktion zu; doch muss man sich hüten, hierin wegen der eintretenden Schwankungen eine gewisse Grenze zu überschreiten. Die Dachschalung ist mit mindestens 2,60 cm starken, gespundeten oder verdübelten Brettern herzustellen, damit dieselbe sich beim Betreten des Daches nicht durchbiegen kann, wobei Zerreissen der Pappe eintreten würde. Die Bretter müssen gleichmässige Stärke und Breite von höchstens 20 cm haben, mit versetzten Stössen aufgenagelt werden und dürfen nach oben keine Waldkanten, Astlöcher usw. zeigen; die ganze Schalung muss demnach frei von Unebenheiten sein. Nur bei sehr enger Lage der Sparren genügt die Bretterstärke von 2 cm und kann auch von einer Spundung abgesehen werden.

Fig. 638.

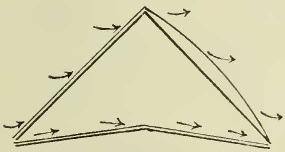


Fig. 639 a u. b.

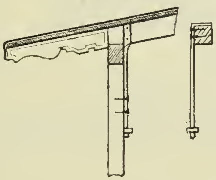
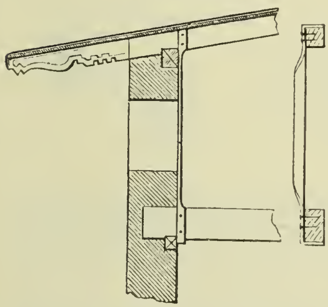


Fig. 640 a u. b.



Am haltbarsten sind die Pappedächer, wenn die Sparrenweite der Breite der Pappebahnen entspricht, d. h. wenn dieselbe von Mitte zu Mitte 98 cm beträgt (Rollenbreite gewöhnlich 1 m). Treten die Sparren weit über die Mauerflucht heraus, so ist deren Verankerung nach Fig. 639 und 640 (a und b), entweder mit den Stielen bei einer Fachwand, oder mit der Balkenlage bei massiven Gebäuden, wenigstens bei den Bindern, anzurathen, um dem etwaigen Abheben des leichten Daches durch Sturm vorzubeugen.

Dachpappe soll die Stärke von etwa 2,5 mm und ein langfaseriges Gefüge haben, sich weich und doch fest gearbeitet anfühlen und beim Biegen und Zusammenlegen keine Brüche zeigen, was eintritt, wenn die Papiermasse mit Stroh- oder Holzstoff versetzt oder aus sonstigen, geringwerthigen Bestandtheilen hergestellt ist. Solche Pappe muss mit wasserfreiem, nicht entöltem Steinkohlentheer, welchem 15% Asphalt zuzusetzen sind, durchtränkt sein. Gute vorschriftsmässig getränkte Dachpappe hat blanke Farbe; matte Farbe ist ein Zeichen dafür, dass die Pappe mit Steinkohlentheer allein getränkt war, lappiges Anfühlen, dass der Theer wasserhaltig gewesen ist. Als schärfste Probe gilt, dass bei Dachpappe nach 24stündigem Liegen in Wasser sich keine Gewichtsvermehrung zeigen darf.

Um das Zusammenkleben der Rollenpappe zu verhindern, wird dieselbe mit Sand bestreut.

Hinter den häufig mit hochklingenden Namen angepriesenen Dachpappen versteckt sich oft ein mangelhaftes Fabrikat und es ist deshalb bei Beschaffung von Pappen grosse Vorsicht geboten.

b. Die Eindeckung der Pappedächer.

Die früher meist in Gebrauch gewesene tafelförmige Dachpappe ist jetzt allgemein von der Rollen-Dachpappe verdrängt worden, welche, nach Vereinbarung des Vereins deutscher Dachpappe-Fabrikanten, 1$^{\mathrm{m}}$ breit und 7,5—20$^{\mathrm{m}}$ lang angefertigt wird; zuweilen kommen aber auch noch Breiten von nur 0,9$^{\mathrm{m}}$ vor. Die Rollenpappe verdient den Vorzug, weil die damit gedeckte Dachfläche weit weniger Fugen enthält, deshalb dichter ist und flachere Neigungen verträgt.

Man unterscheidet drei Eindeckungsarten mit Rollenpappe:

1. die Eindeckung ohne Leisten mit offener Nagelung (sogen. ebenes Pappedach);
2. die Eindeckung mit verdeckter Nagelung auf dreieckigen Leisten (Leistendach) und
3. die doppellagige Eindeckung.

Fig. 641.



Fig. 644 a u. b.



Fig. 642.

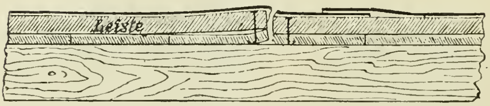


Fig. 645.



Fig. 646.

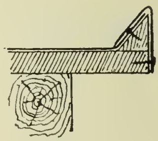


Fig. 643.



1. Bei der Eindeckung ohne Leisten werden die Bahnen parallel zur Trauf- und Firstlinie so gelegt, dass jede die tiefer liegende um 4$^{\mathrm{cm}}$ Breite überdeckt und mit dieser fest genagelt wird, nachdem zwischen beide dick eingekochter Steinkohlentheer als Klebemittel gestrichen worden ist. Zur Nagelung in 5—10$^{\mathrm{cm}}$ Abstand sind breitköpfige, verzinkte Rohrnägel zu verwenden. Die wagrechten Nähte liegen je nach der Breite der Rollen in 86—96$^{\mathrm{cm}}$ Entfernung. In solcher Weise werden aber nur die Dächer sehr untergeordneter Gebäude hergestellt und sind hierzu für 1$^{\mathrm{qm}}$ erforderlich: 1,05$^{\mathrm{qm}}$ Pappe = etwa 2,5$^{\mathrm{kg}}$ schwer, 50 Nägel ($^{16}/_{12}$), 0,20$^{\mathrm{kg}}$ Asphalt und 0,6$^{\mathrm{l}}$ Steinkohlentheer.

2. Die Leisten bei der zweiten Eindeckungsart werden nach Fig. 641 aus astfreien, möglichst trockenen Bretten getrennt, so dass sie 65$^{\mathrm{mm}}$ Breite und 33$^{\mathrm{mm}}$ Höhe haben. Sie werden senkrecht zur Firstlinie auf die Schalung mit $^{19}/_{36}$ starken Drahtnägeln in 95$^{\mathrm{cm}}$ Abstand so genagelt, dass die an ihren Seiten aufzubiegenden Pappebahnen fast bis zur oben liegenden Kante hinan reichen. Bei nicht gespundeter Schalung ist darauf zu achten, dass der Stoss zweier Leisten nicht auf eine Bretterfuge trifft, weil beim Werfen der Schalbretter die Leistenköpfe verschoben und die Pappestreifen zerrissen werden würden, Fig. 642. Die Pappebahnen sind senkrecht zur Firstlinie zwischen je zwei Leisten auszubreiten und nach Fig. 643 fest in die Ecken bei *a* zu drücken. Hiermit wird bei der Traufe entweder nach Fig. 644a so begonnen, dass die Nagelung verdeckt ist und die Pappe etwa 2$^{\mathrm{cm}}$ über die Schalung fortreicht, oder, nach Fig. 644b, noch ein Heftstreifen eingefügt. An den Stössen werden die Bahnen entweder nach Fig. 645 überfalzt, so dass die Nagelung verdeckt ist; oder es überdecken

sich die Pappelagen nur etwa 8 cm weit und werden durch offene, etwa 5 cm weite Nagelung verbunden. Am First ist ihnen je nach der Winkelgrösse 15—20 cm Ueberdeckung zu geben. Die Deckstreifen sind, entsprechend dem Leistenprofil, 10 cm breit zu schneiden, in der Mitte einzubiegen und mit besonders grossköpfigen Drahtnägeln in 5—6 cm Abstand von einander zu befestigen. An der Traufe werden die Lappen des hier in der Mitte aufgetrennten Deckstreifens über einander gelegt und auf die abgeschrägte Seitenfläche der Leiste genagelt. An den Giebeln erfolgt die Deckung nach Fig. 646; hier werden zur Sicherung gegen Sturmschäden auch ein oder zwei anstossende Felder nur mit halben Pappebahnen belegt.

Rinnen und Kehlen sind, wenn nicht aus Zink hergestellt, doppelt einzudecken, also mit einer Unterlage von Dachpappe oder Dachfilz zu versehen, auf welche die obere aufgeklebt und genagelt wird. In den Kehlen wird zunächst, Fig. 647a und b, auf der Unterlage ein Streifen lang gelegt, mit welchem die Pappebahnen der anschliessenden Dächer in richtiger Lage überfalzt werden; darauf erst sind die Leisten unterzuschieben, auf die Schalung zu nageln und an

Fig. 647 a u. b.

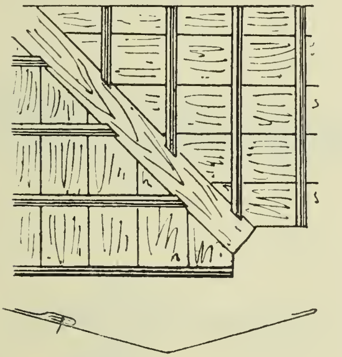


Fig. 649.

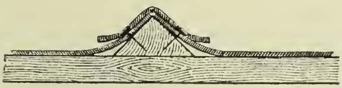
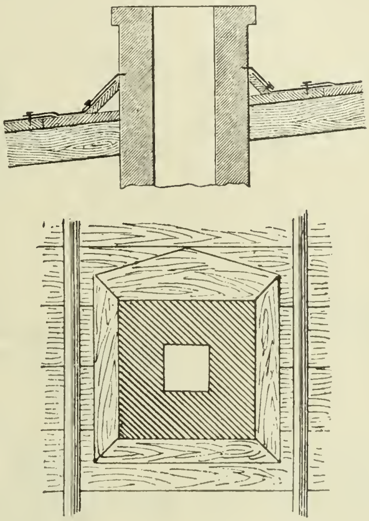


Fig. 648 a u. b.



ihnen die Bahnen zu befestigen. Die Leisten müssen versetzt liegen, damit kein Aufstau des abfliessenden Wassers eintreten kann. Schornsteine, Giebelmauern, Oberlichte, Aussteigeluken usw. werden nach Fig. 648a und b mit schrägen Anschlussbrettern versehen, an denen die Deckbahnen aufzubiegen sind. Diese Aufbiegung wird durch einen Pappestreifen überdeckt, welcher mit seinem oberen Rande in eine Mauerfuge greift und hier mit kleinen Mauerhaken festgehalten wird. Die Fuge ist mit Zementmörtel zu verstreichen. Bei besseren Bauten wird jedoch der Anschluss, wie früher beschrieben, aus Zinkblech hergestellt, welches mit der Dachpappe zu überfalzen ist.

Die Deckstreifen, Nähte und Traufkanten sind vor dem allgemeinen Anstrich mit heissem sogen. Asphaltkitt zu überziehen, welcher den am meisten leidenden Deckstreifen einen wirksamen Schutz gewährt und es verhindert, dass sich die unteren Kanten, wie Fig. 649 zeigt, abheben, wobei sich die Nagelköpfe zunächst durch die Deckstreifen und dann durch die Pappebahnen ziehen und dabei schwer zu bessernde Beschädigungen verursachen würden. Hierauf endlich erfolgt bei trockenem und wo möglich warmem Wetter der Anstrich mit kochendem, wasserfreiem Steinkohlentheer. Diesem Anstrich sind 15 % Asphalt zuzusetzen. Das übliche Sanden frisch gestrichener Flächen wird besser unterlassen.

Für 1 $^{\mathrm{qm}}$ derartig hergestellten Pappedaches sind erforderlich:

Pappe	Leisten	Nägel		Asphalt	Steinkohlen-theer
		$^{19}/_{36}$	$^{16^1/_2}/_{12}$		
1,05 $^{\mathrm{qm}}$ = etwa 3,0 $^{\mathrm{kg}}$	1,05 $^{\mathrm{m}}$ für 1 $^{\mathrm{m}}$ Länge	3	60	0,3 $^{\mathrm{kg}}$	0,61

Dachrinnen werden bei besseren Gebäuden allgemein aus Zinkblech hergestellt. Bei kleineren Bauten lässt man, nach Fig. 650a und b, die Deckleisten etwa 50 $^{\mathrm{cm}}$ von der Traufkante entfernt endigen und befestigt hier eine Leiste mit sehr kleinem Neigungswinkel, an welcher sich das abfliessende Wasser sammelt und zum Abfallrohr geleitet wird. Eine etwas reichere Rinnenanlage zeigt Fig. 651, bei welcher das schräge Brett das Gefälle herstellt. Bei kleineren Oberlichtfenstern, Fig. 652a und b, werden die Glasscheiben in Asphaltkitt gelegt und die Einfassungen wieder mit Dachpappe abgedeckt. Mündungen von Dampf-

Fig. 650 a.

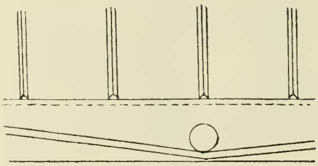


Fig. 651.

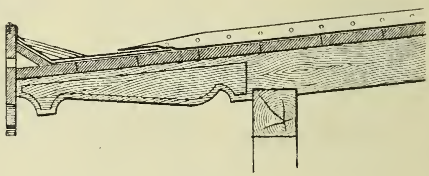


Fig. 650 b.

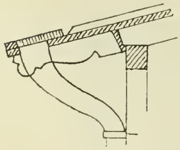
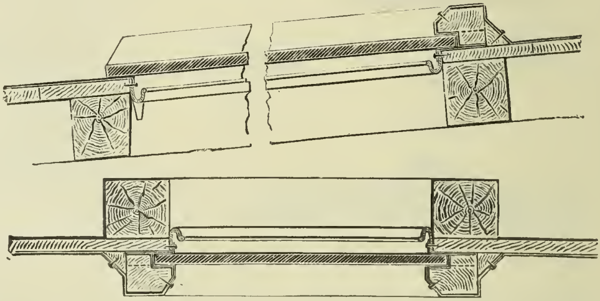


Fig. 652 a u. b.



ausströmungs-Rohren über Pappedächern sind möglichst zu vermeiden, weil durch das Abtropfen des heissen Kondensationswassers die Pappe nach und nach erweicht, aufgelöst und fortgespült wird. Können dieselben nicht seitwärts gelegt werden, um das Abtropfen auf das Dach zu vermeiden, so thut man gut, über die Pappe an der betreffenden Stelle eine Zinkblechtafel zu nageln, welche jene schützt.

3. Die Herstellung der doppellagigen Eindeckung geschieht in folgender Weise: nach vorheriger Isolirung der Dachschalung mittels feinen, aufgesiebten Sandes werden die einzelnen Papperollen, von der Traufe anfangend und parallel zu dieser, mit 10—15 $^{\mathrm{cm}}$ Ueberdeckung verlegt und an den oberen Rändern mit etwa 6 $^{\mathrm{cm}}$ Zwischenraum genagelt. Die Traufbahn erhält dabei 3 $^{\mathrm{cm}}$ Ueberstand über die Traufkante behufs späterer Befestigung an derselben. Nachdem diese untere Schicht von dem anhaftenden Sande befreit ist, erfolgt ein Anstrich mit einer heissen Klebemasse immer soweit, als es der Fortschritt beim Aufkleben der oberen Pappelage erfordert, bei der des Verbandes wegen an der Traufe mit einer halben Rollenbreite begonnen wird, welche einen Ueberstand von 5 $^{\mathrm{cm}}$ haben muss. An der Oberkante werden die Rollen wiederum genagelt, doch so, dass die Nagelung immer von der darüber liegenden Rolle gedeckt wird.

Häufig werden zur Erzielung grösserer Haltbarkeit und Steifigkeit Eisendrähte senkrecht zwischen beide Pappelagen, vom First bis zur Traufe reichend, in etwa 2 m Entfernung gespannt. Die obere Pappelage hat bei dieser Eindeckungsart den Zweck, als schützende Hülle die Auslaugung der flüchtigen Oele aus der Klebemasse und der unteren Pappelage zu verhindern und den dadurch herbeigeführten Verwitterungsprozess zu verlangsamen.

Dachrinnenanlagen, Anschlüsse usw. sind genau dieselben wie beim Leistendach.*)

Werden die Sparren eines Pappedaches auf der Unterseite geschalt und geputzt, oder bleibt, bei ganz flachen Dächern, der Raum unmittelbar unter der Dachfläche unbenutzt, so ist für Luftzirkulation Sorge zu tragen, weil sonst das Holzwerk sehr bald durch Schwamm zerstört werden würde. Diese Lüftungsvorrichtungen sollen erst beim Holzzementdach näher besprochen werden.

c. Unterhaltung und Ausbesserung der Pappedächer.

Das Pappedach muss schon an und für sich, ohne den Ueberzug aus Steinkohlentheer, dicht sein; denn der Ueberzug soll allein Pappe und Nagelung vor der zerstörenden Einwirkung der Witterung und gegen Beschädigung beim Betreten und durch niederfallende Gegenstände schützen. Sobald der Anstrich zu schwinden beginnt und die Pappe zutage tritt, muss derselbe erneuert werden. Dieser Zeitpunkt wird bei Satteldächern nicht immer gleichmässig, sondern an der Sonnenseite früher eintreten, als an der der Sonne abgewendeten Dachseite. Der Anstrich darf demnach in solchem Falle nicht gleichzeitig an beiden Seiten erfolgen. Gewöhnlich ist anzunehmen, dass bei einem neuen Pappedach derselbe — wiederum aus heissem Steinkohlentheer mit 15 % Asphaltzusatz bestehend — nach zwei Jahren, dann aber erst in Zwischenräumen von vier bis fünf Jahren zu erneuern ist. Das zu häufige Theeren ist ein grosser Fehler, weil dadurch auf der Pappe eine dichte, harte Kruste gebildet wird, welche bei Temperaturveränderung reisst und so zu Undichtigkeiten des Daches führt, während der Anstrich doch nur den Zweck hat, in die Pappe einzudringen, derselben die durch die Witterung entzogenen öligen Bestandtheile wieder zuzuführen und sie wieder geschmeidig zu machen. Um so grösser wird das Uebel, wenn das Bestreuen mit Sand in unsachgemässer Weise vorgenommen wird. Durch letzteres soll angeblich das durch die Einwirkung der Sonne stattfindende Verflüchtigen der leichten Oele des Theers verzögert, die Dauer des Daches vergrössert und der Theeranstrich gegen Abspülen durch Regen und gegen Beschädigungen geschützt werden. Wird die Besandung ungleichmässig und zu dick aufgetragen, oder ist das Material feucht oder lehmig, so wird die Krusten- oder Rissebildung erst recht dadurch befördert und der Zweck vollständig verfehlt.**) Die Sandung bleibt also besser fort.

Kleinere Beschädigungen von Pappedächern lassen sich durch Unterschieben oder Aufkleben einiger Lagen theergetränkten Packpapiers oder gespaltenen Dachfilzes mit Asphaltkitt ausbessern. Das Aufnageln kleiner Pappestücke ist entschieden zu verwerfen, weil die Nägel sich bei den unvermeidlichen Bewegungen der Pappefelder leicht durchziehen und alsdann der Schaden von neuem hervortritt. Ist derselbe grösser, so trägt man das schadhafte Stück der Pappebahn zwischen zwei Leisten ab und zieht einen um etwa 20 cm längeren, neuen Theil ein, welcher oben 10 cm breit unter die alte Bahn geschoben und mit Asphaltkitt angeklebt wird, unten dieselbe um ebensoviel übergreift. Auf die Deckleisten werden neue Streifen genagelt, asphaltirt und schliesslich mit Steinkohlentheer, ebenso wie die neue Pappelage, gestrichen.

Missbräuchlicher Weise wird der Theer zum Streichen oft auf dem Dache selbst erhitzt; dies ist sehr feuergefährlich.

---

*) Siehe darüber auch: Büsscher & Hoffmann, „Mittheilungen über die wasserdichten Baumaterialien", sowie Hoppe & Roehming, „Das doppellagige Asphaltdach", Halle a. S.

**) Vergl. Deutsche Bauzeitg., Jahrg. 1868, 1875, 1886 und 1889.

d. Der Asphaltfilz.

Dieser ist ein aus langfaserigen Stoffen bereitetes Material, welches gegen Witterungseinflüsse viel weniger widerstandsfähig und zudem theurer ist, als Dachpappe, und deshalb nur zu geringen Zwecken verwendet wird. Diese sind:

1. Ausfütterung der Kehlen und Rinnen von Pappedächern, also Herstellung einer Unterlage für die darüber gedeckte Dachpappe.
2. Reparatur alter Dächer.*)
3. Vorläufige Eindeckungen da, wo zur Ersparung der Schalung der Filz auf Leisten, oder gar unmittelbar auf die Sparren genagelt wird, weil er vor der im frischen Zustande sehr weichen Pappe den Vorzug grösserer Zähigkeit und Festigkeit hat.

VI. Bedachung mit wasserdichten Leinenstoffen.

Die imprägnirten, wasserdichten Leinenstoffe zeichnen sich neben grosser Haltbarkeit und Wetterbeständigkeit auch durch Widerstandsfähigkeit gegen Feuer aus. Der Stoff wird in Längen bis zu 60 ^{m} und in Breiten bis zu 180 ^{cm} hergestellt, jedoch gewöhnlich 100—120 ^{cm} breit und 30—40 ^{m} lang. 1 ^{qm} wiegt nur 1,5—1,8 ^{kg} und kostet, je nach der Färbung, 1,60—1,75 M. in der Fabrik, die Klebemasse 90 M., die Streichmasse 110—130 M. für 100 ^{kg}. Für grössere, dauernde Bauten ist bei einer Dachneigung von 1 : 5 bis 1 : 20 die Eindeckung mit dreieckigen Leisten die beste, welche in allen Theilen der eines Leisten-Pappedaches entspricht. Die Stoffbahnen werden mit der Glanzseite nach unten auf der Schalung verlegt und zwar mit einem Spielraum von etwa 1,5 ^{cm}, damit eine spätere Spannung des Stoffes ausgeschlossen ist. Die Deckstreifen werden aufgeklebt und aufgenagelt. Nach vollständiger Eindeckung erfolgt der Anstrich mit einer Masse, von welcher 1 ^{kg} auf etwa 8—10 ^{qm} Fläche genügen soll. Dieser Anstrich ist in drei bis sechs Jahren zu wiederholen. Es kann im übrigen zu dem Anstrich zweckmässigerweise auch gewöhnliche Oelfarbe benutzt werden.

Auf Wölbungen oder Monier- und Rabitzdecken wird der Stoff mit Goudron aufgeklebt. Besonders ist derselbe zur Herstellung von leichten Baracken und Zelten, sowie zu Ausstellungsbauten geeignet, wobei er ohne Schalung über die dünnen Sparren und Wandhölzer gespannt wird. Zur Verhinderung des Durchhängens bei grösseren Spannweiten dienen Züge von 5 ^{mm} dickem, verzinktem Draht oder ganze Drahtgeflechte, welche in das Sparrenwerk eingelassen werden.

Eine besondere von der Firma N. Scheer in Mainz hergestellte Bedachungs-Leinwand besteht, bei etwa nur der halben Dicke guter Dachpappe, aus einer Lage grober Leinwand, auf welche oben und unten mittels einer Asphaltmasse je eine Lage von dünnem Rollenpapier aufgeklebt ist. Mit dieser Masse („Bedachungsanstrich") wird die Bedachung unmittelbar nach der Herstellung und später nach sechs Wochen einmal gestrichen, fernerhin in Zeiträumen von einigen Jahren.

Der Preis der Bedachungsleinwand stellt sich auf 1—1,10 M. für 1 ^{qm}, der der Anstrichmasse auf 20—22 M. für 100 ^{kg}. Auch dieser Stoff ist für leichte Dächer sehr empfehlenswerth, dürfte aber gegen Feuer weniger widerstandsfähig sein als der zuerst besprochene.

VII. Das Holzzement- und Kies-Pappe-Dach.

a. Das Holzzement-Dach.

Das Holzzement-Dach (welches zuerst von Sam. Häusler in Hirschberg i. Schl. im Jahre 1839 ausgeführt wurde) gewinnt von Jahr zu Jahr grössere Verbreitung. Seine Vorzüge bestehen, tadellose Ausführung vorausgesetzt, hauptsächlich in der ausserordentlich grossen Widerstandsfähigkeit gegen Witterungseinflüsse, seiner Ausführbarkeit auf massiver, wie auf Bretterunterlage und endlich in seiner

*) Vergl. unter c vorstehend.

Fähigkeit, die Schwankungen der Temperatur in den darunter liegenden Dachräumen erheblich zu mässigen.

Das Holzzement-Dach besteht im wesentlichen aus einer auf Schalung verlegten vierfachen Papierlage, deren einzelne Schichten mit einem Klebemittel, dem „Holzzement" verbunden werden. Derselbe besteht aus 60 Gew.-Theilen möglichst wasserfreiem und ammoniakhaltigem Steinkohlentheer, 15 Theilen Asphalt und 25 Theilen Schwefel und wird erwärmt aufgestrichen. Das Ganze wird gegen Beschädigung und Einfluss der Temperatur geschützt durch eine Sand- und Kiesdeckung.

Die Neigung des Daches wird ausserordentlich gering angenommen, damit Sturm und Regen die beschwerende und schützende Kieslage nicht herabtreiben; dieselbe wechselt gewöhnlich zwischen 1 : 20 und 1 : 60 bei einem Satteldache. Indessen ist es wohl möglich, bei gewissen Konstruktions-Zuthaten auch grössere Neigungen zu wählen; für kleine Dachflächen haben sich Neigungen des Satteldaches bis 1 : 4 als zulässig erwiesen. Näheres hierüber folgt weiterhin.

Das Sparrenwerk und seine Unterstützungen muss vollständig steif sein, so dass Bewegungen und Aenderungen der Höhenlagen an einzelnen Stellen desselben ausgeschlossen sind. Die Oberfläche der gespundeten, 2,5—3,5 cm starken Bretterschalung muss vollkommen eben, ohne vorstehende Kanten oder Nagelköpfe, auch frei von Astlöchern, Waldkanten usw. sein. Spundung ist dringend nothwendig, um das Durchbiegen einzelner Bretter beim Betreten des Daches zu verhindern; dieselbe ist aber nicht dazu da, das Durchtropfen des bei heissem Wetter flüssig werdenden Holzzementes oder gar des Regenwassers zu verhindern; bei einem gut ausgeführten Dache kann Beides überhaupt nicht vorkommen.

Die Schalung wird vor dem Auflegen der Dachhaut mit trockenem, feinem Sande etwa 2—3 mm stark übersiebt; es hat dies den Zweck, kleine Unebenheiten der Bretterschalung auszugleichen, wie auch die nun folgende Papierlage von der Schalung zu sondern, damit dieselbe nicht anklebe und bei dem unvermeidlichen Werfen und Verziehen des Holzes in Mitleidenschaft gezogen werde.

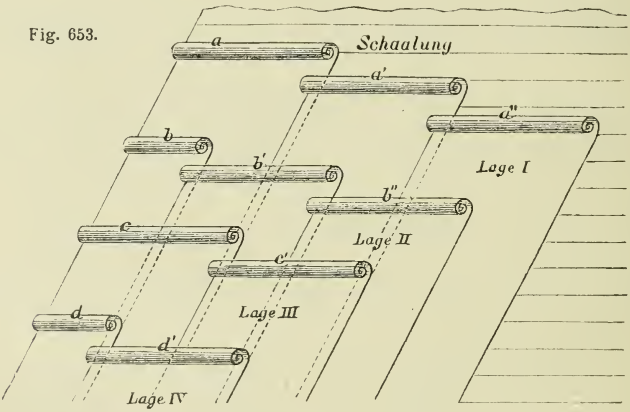
Zur Ausführung des Holzzement-Daches ist vor allem trockenes, möglichst auch warmes Wetter nothwendig. Bei feuchtem und kaltem Wetter wird der heisse Holzzement sehr schnell erstarren und nicht fähig sein, die Papierlagen zu durchdringen. Werden diese nass, so kleben sie nicht fest, bilden Beulen und Blasen, zerreissen auch leicht. Sehr hinderlich ist auch der Wind dem guten Auflegen der Papierbahnen.

Muss das Dach im Winter gedeckt werden, so ist zu empfehlen, statt der Sandschicht und ersten Papierlage eine Unterlage von Dachpappe zu verwenden, welche wie bei einfachen, ebenen Pappedächern aufgebracht wird und dem Gebäude Schutz gegen die Witterung gewährt, bis eine Besserung derselben die Herstellung des eigentlichen Holzzement-Daches gestattet. Anstatt der Dachpappe wird auch ein mit einer Asphalt- und Theermasse durchtränktes Papier zur Anwendung empfohlen, welches dem gewöhnlichen Papier gegenüber den Vorzug grösserer Zähigkeit und Dichtigkeit besitzt. Die Erwärmung des Holzzementes geschieht am besten auf dem Dache selbst in der Weise, dass derselbe nur heiss und dünnflüssig, keineswegs aber bis zum Kochen erhitzt wird, was seine Bindekraft schädigen würde; dass mit der Anwärmung des Holzzementes auf dem Dache leicht Feuersgefahr verbunden ist, wurde schon oben erwähnt.

Ueber die untere Sandschicht wird, an einem Giebel beginnend, in der Richtung der Sparren das 1—1,5 m breite Rollenpapier, *a*, *a'*, *a''*, Fig. 653, von einer Traufkante zur anderen über den First hinweg so abgerollt, dass eine Rolle die andere um 15 cm überdeckt, und nur an der Traufkante mit breitköpfigen, kleinen Nägeln befestigt oder mit Steinen beschwert, damit der Wind es nicht wegführen kann. Weder die untere Seite der ersten Papierlage, noch die 15 cm breite Ueberdeckung wird mit Holzzement bestrichen; der später durch die Sonnenhitze flüssig werdende und vom First zur Traufe vordringende Holzzement behält in diesen Streifen Raum zur Vertheilung, so dass derselbe nicht durch die Schalung hindurchzudringen vermag. Fehler hierbei sind aber nicht gerade selten.

Unmittelbar vor dem Aufbringen der zweiten Papierlage, *b*, *b'*, *b''*, Fig. 653, bei welcher zur Herstellung des Verbandes die erste Rolle nur die halbe Breite erhält, wird der erwärmte Holzzement mittels einer langhaarigen, weichen Bürste auf die erste Papierlage in der Breite des darüber zu legenden Bogens dünn und gleichmässig aufgetragen, so dass die Masse in beide Papierlagen I und II eindringt und sie fest miteinander verbindet. Die Ueberdeckung der Rollen beträgt hierbei, ebenso wie bei der dritten und vierten Papierlage, nur 10 cm. In dieser Weise wird, wie Fig. 653 zeigt, fortgefahren, wobei Falten und Blasen im Papier durch Glätten mit der Hand oder einer weichen Bürste von der Mitte der Rolle nach den Rändern hin sorgfältig auszugleichen sind, so lange der Holzzement noch weich und nachgiebig ist. Durch Unachtsamkeit der Arbeiter entstehende Einrisse der Papierbogen müssen sofort, wenigstens vor dem Auflegen der nächsten Papierlage, durch Aufkleben von Papierstreifen ausgebessert werden, welche mit Holzzement getränkt sind. Um das Begehen der Lagen während der Arbeit auf das Nothwendigste zu beschränken (wobei die Arbeiter nie mit Nägeln beschlagenes Schuhwerk tragen dürfen), werden die vier Papierlagen, welche man anzuwenden hat, hinter einander so aufgebracht, dass ein bestimmter Theil der Dachfläche vollkommen fertig und nicht etwa so hergestellt wird, dass man erst durchgängig die erste, dann die zweite neue Papierlage usw. auflegt.

Fig. 653.



Um das durch grosse Sonnenhitze zuweilen hervorgerufene Ausquellen des Holzzementes an der Traufe, bezw. in die Dachrinne zu verhüten, wird die erste Papierlage 15 cm über die Traufkante hinweg geführt und dieser Ueberstand auf die zweite Papierlage umgebogen und geklebt. Dasselbe geschieht bei der oberhalb des Traufbleches anzuordnenden dritten und vierten Papierlage. Ueber die oberste, mit einem dicken Anstrich von Holzzement versehene Papierlage wird feiner Sand in Stärke von 10—15 mm gesiebt und darüber eine Kiesdecke, 6—10 cm dick, aufgebracht, welche in ihren oberen Schichten zur Sicherung gegen Abspülen und Wegführen durch den Sturm mit Lehm oder Chausseeschlick zu vermischen ist. Zu diesem Zwecke wird vereinzelt auch die Oberfläche der Kiesdecke mit heissem Holzzement bespritzt, in Gegenden nahe der Seeküste dieselbe auch wohl mit Rasen belegt. Der feine Sand schützt die Papierlagen gegen Verletzungen beim Betreten des Daches, die ganze Schutzdecke den Holzzement gegen Verflüchtigung der öligen Bestandtheile, wonach die Dachdeckung ihre Biegsamkeit verlieren und spröde werden würde. Oft wird die oberste Pappelage einfach mit steinfreiem Chausseeschlick bedeckt und über die Schlicklage eine stärkere Lage von grobem Kies ausgebreitet, — ein weniger empfehlenswerthes Verfahren.

Von grösster Bedeutung für die Güte eines Holzzementdaches sind die dafür nothwendigen Arbeiten des Klempners. Zunächst bedarf die Traufe eines Schutzes gegen das Herabspülen der Kieslage, welcher früher durch das Anbringen einer sogen. „Kiesleiste" aus Holz geschaffen wurde, die aber nur kurze Haltbarkeit besitzt. Deshalb wird dieselbe jetzt allgemein aus starkem Zinkblech (No. 14 bis 15) hergestellt. Auf einem Vorstoss-Blech, welches zwischen der zweiten und vierten Papierlage auf die Dachschalung zu bringen ist, wird die des Wasserabflusses wegen durchlochte Zinkleiste mittels aufgelötheter Nasen befestigt, Fig. 654a, b und c. Die Figur zeigt auch noch klar die Anlage einer Dachrinne bei dieser Anordnung. Die Ablauflöcher werden etwa 10 mm breit und 15 mm hoch gemacht und gegen Verstopfung durch vorgelegte Ziegel-

Fig. 654a.

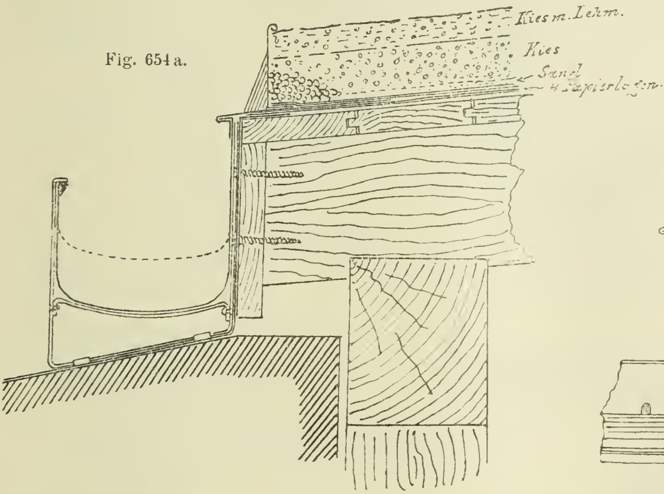


Fig. 654b.

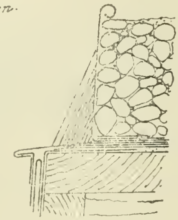


Fig. 654c.

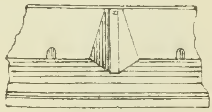
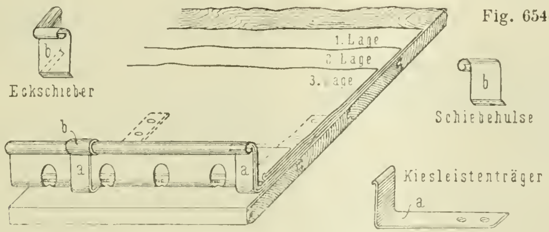


Fig. 654d.



steine in Verbindung mit einer Schüttung von grobem Kies geschützt. Beim Anbringen der Kiesleisten und Rinnen, bei allen Einfassungen von Bautheilen, welche die Dachfläche durchbrechen, also Schornsteinen, Aussteigeluken, Oberlichten usw., sowie bei allen Anschlüssen der Dachfläche an Giebelmauern ist besonders darauf zu achten, dass das Zinkblech sich frei bewegen kann und mit seinen wagrecht liegenden Lappen nicht auf die Schalung genagelt wird, weil eine geringe Senkung des Daches beim Austrocknen des Holzwerkes schon das Reissen des Bleches verursachen würde. Auch hier wird es gewöhnlich in Breiten von 15 cm zwischen die zweite und dritte Papierlage eingeklemmt, Fig. 655 und 656a und b, und durch sorgsames, fettes Verstreichen mit Holzzement dicht mit jenen verbunden.

Die in Fig. 654d dargestellte Kiesleiste von Büsscher & Hoffmann kann von jedem Dachdecker ohne Hilfe des Klempners angebracht werden. Die Kiesleistenträger *a* werden, aus verzinktem Bandeisen angefertigt, allein fest auf die Schalung geschraubt. Sie klemmen das unter ihnen liegende Vorstossblech fest, ohne doch eine Längsausdehnung ganz zu hindern, und geben der auf ihnen hängenden Kiesleiste einen bei aller Beweglichkeit festen Halt. Die Stösse der Leiste werden durch die übergeschobenen, unverlötheten Hülsen *b* geschlossen. Der doppelte Zinkwulst an der unteren und oberen Kante der Kiesleiste verhindert deren Durchbiegung infolge des Druckes des dahinter liegenden Kieses und ermöglicht die Herstellung auch dieser schmalen Zinkstücke in der Fabrik, ohne die theuere Lötharbeit auf dem Dache. Das Vorstossblech kann unter Um-

Fig. 655.

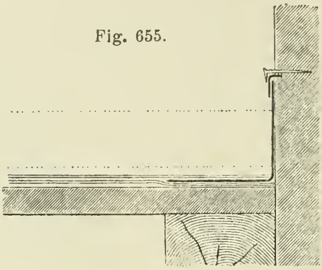


Fig. 658 a.

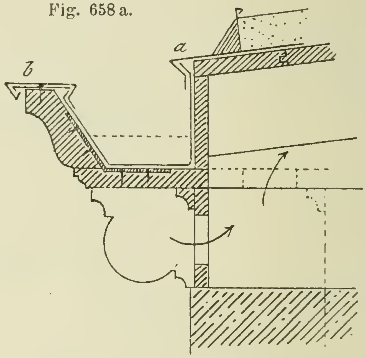


Fig. 656 a.

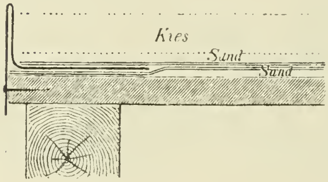


Fig. 658 b.

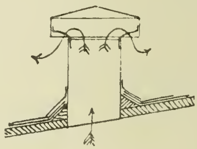


Fig. 656 b.

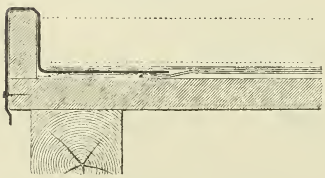
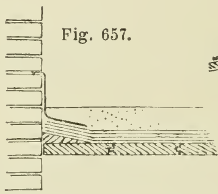


Fig. 657.



ständen ganz wegfallen und durch einen Vorstoss aus der durchgezogenen untersten Papplage ersetzt werden.*)

Da sich durch Abheben der oberen Papierlagen oft Undichtigkeiten zeigen, thut man besser nach Fig. 657 an den Anschlüssen dreieckige Holzleisten oder schräge Bretter zu befestigen und dann die wagrechten Lappen der Kiesleisten mit 15 cm Ueberstand frei über die Papierlagen fortreichen zu lassen.

Unter dem Dache ist in allen Fällen für Luftzug zu sorgen, damit etwaiges Stocken des Holzwerkes oder gar Schwammbildung bei dem ziemlich luftdichten Verschlusse der Dächer verhindert werde. Dieses geschieht einmal durch Aufsetzen von Zinkröhren von quadratischem oder rundem Querschnitt in der Nähe des Firstes, Fig. 658b, welche bei etwa 15—20 cm Seite oder Durchmesser mit einer Kappe zum Schutz gegen einfallenden Regen versehen sein müssen, dann aber durch Anlage von Luftöffnungen in den Schaldecken der darunter liegenden

*) Centralbl. der Bauverw., 1896, S. 548; Dtsche. Bauztg. 1897, S. 24.

Räume, in den Drempelwänden, oder zwischen konsolartigen Balkenköpfen, Fig. 658a. Treten dieselben weit vor, so können die Luftöffnungen, wie punktirt, in der wagrechten Schalung liegen; beide aber müssen mit Gittern zum Schutz gegen den Zutritt von Vögeln und Ungeziefer versehen sein.

Bei der Rinnenanlage ist darauf zu sehen, dass Punkt *a* höher als *b* liegt, damit bei einer etwaigen Verstopfung das Wasser bei *b* überfliessen, nicht aber bei *a* in das Gebäude treten kann. Die hölzerne Sima wird durch ∟Eisen, ihr Deckblech bei *b* durch Hafte aus Eisen- oder starkem Zinkblech gehalten.

Ein grosser Vorzug des Holzzementdaches besteht in seiner Anwendbarkeit auf massiver Unterlage. Diese kann in verschiedenartigster Weise ausgeführt sein, z. B. nach Fig. 659, wo Wellblech von etwa 4—6 cm Wellenhöhe, mittels Klemmschrauben auf eisernen Sparren befestigt, mit Mörtel abgeglichen ist; darüber liegt wie gewöhnlich die Holzzementbedachung. In Fig. 660 sind Flachbögen aus Ziegeln zwischen I Träger gespannt, die Unebenheiten durch eine Betonlage ausgeglichen. Statt solcher Flachbögen wäre auch die Kleine'sche oder eine

Fig. 659.

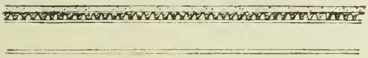


Fig. 660.

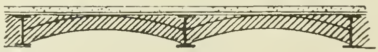


Fig. 661.



Fig. 662 c.

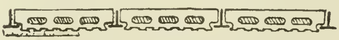


Fig. 662 a.

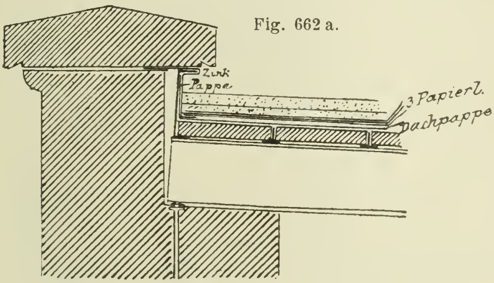
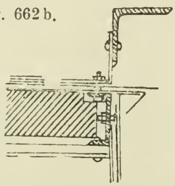


Fig. 662 b.



andere wagrechte Decke mit Betonausgleichung der Trägerzwischenräume ausführbar. Fig. 661 zeigt eine Betonwölbung von etwa 6 cm Scheitelstärke, 9 cm Stich und 1,30 m Spannweite. Bei Fig. 662a sind zwischen quer gelegte ⊥ Eisen gebrannte Thonplatten von 5—6 cm Stärke geschoben. Hierbei ist auf grosse Ebenheit der einzelnen Platten zu sehen, weil unebene Platten sich beim Betreten des Daches bewegen und die Zerstörung der Eindeckung verursachen würden. Deshalb ist bei dieser Ausführungsweise als erste Lage die widerstandsfähigere Dachpappe anzuwenden. Auch kann eine flache Monierdecke als Unterlage benutzt werden.

Werden die Eisentheile der Dachkonstruktion bei Wölbung nach Fig. 348 (S. 129), bei einzelnen Ziegelplatten durch Putz nach Fig. 662c, oder durch Monier- oder Rabitz-Konstruktion geschützt, so ergiebt diese Holzzementdeckung absolut feuersichere Dächer.

Fig. 662b zeigt die Traufkante eines nach Fig. 662a hergestellten Daches, bei welcher die Kiesleiste durch ein ∟ Eisen gebildet ist, welches, in Abständen von etwa 0,80 m durch ∟ Eisen-Abschnitte an der Pfette befestigt, einen Spalt von 2 cm Höhe belässt, durch den das Regenwasser abfliessen kann.*)

*) Weiteres hierzu im Centralbl. d. Bauverwaltg. 1885 S. 158, 1882 S. 448 und in „Das System Monier" von G. A. Wayss 1887.

Undichtigkeiten bei Holzzementdächern zeigen sich meist infolge fehlerhafter Ausführung der Klempnerarbeiten oder zu schwacher Holzkonstruktion, hauptsächlich der Schalung. Oefters werden auch Nägel, besonders von unten aus, durch Schalung und Papierlage getrieben, oder seitens der Anstreicher, behufs Anbringung von Hängegerüsten, Schrauben durchgezogen, welche Leckstellen hervorrufen.

Wird durch Sturm oder Gewitterregen die Papierlage blossgelegt, so ist für baldige Wiedereinebenung der Kiesdecke Sorge zu tragen, damit die Holzzementmasse nicht infolge der Einwirkung von Licht und Luft erhärte. Reparaturen sind fast immer ohne erhebliche Kosten ausführbar, allerdings aber die schadhaften Stellen mitunter schwer aufzufinden.

Sobald eine starke Unterlage der Holzzementbedachung geschaffen ist, lassen sich auch Rasenflächen und gärtnerische Anlagen auf der Dachfläche anordnen, wobei es nur des Aufschüttens einer Lage von Mutterboden über der Kiesbettung bedarf. Schäden durch Pflanzenwuchs sind bei Holzzementdächern nicht beobachtet worden. Festzuhalten ist aber, dass Pflanzen, welche den Winter über auf dem Dache verbleiben müssen, unanwendbar sind, da dieselben leicht vom Frost zerstört werden, besonders im Frühjahr, wo das frühe Austreiben der Pflanzen durch die unter dem Dache herrschende milde Temperatur begünstigt wird.

Holzzementdächer lassen sich ohne Rinnenanlagen ausführen, wenn man den Dachflächen Gefälle nach einem in der Mitte oder seitlich derselben gelegenen Punkte giebt, das Wasser hier in einem Trichter sammelt und im Inneren des Gebäudes abführt. Solche Dächer sind mehrfach ausgeführt worden und haben sich durchaus bewährt. Es ist aber nothwendig, die Einlaufstelle sorgfältig vor dem Zutritt von Frost zu schützen, damit nicht bei aufgehendem Frost der Wasserabfluss gehindert ist. Dieser Schutz wird am einfachsten durch einen kleinen Ueberbau aus Bohlen geschaffen, die unter ihren Rändern dem Wasser den Abfluss gestatten. Bei einer Konstruktion, wie dieser, sind die Klempnerarbeiten erheblich geringer, als bei nach aussen geneigtem Dache; es ist jedoch zu beachten, dass, wenn bei dem nach aussen entwässernden Dache an der Kiesleiste Schäden entstehen, diese für das Haus insofern unschädlich sind, als das Wasser nach geringem Ansteigen seinen Weg über die Kiesleiste fort nehmen und als Traufwasser abfliessen wird, während, wenn sich bei der Entwässerung nach Innen Schäden an der Kiesleiste zeigen, bald ein Eindringen des Wassers in den Dachraum stattfindet. Derselbe Uebelstand kann eintreten, wenn das Abfallrohr etwa verstopft oder schadhaft ist; es wird sich daher bei nach Innen entwässernden Holzzementdächern immer empfehlen, das Abfallrohr durchaus frostfrei zu legen, auch ausschliesslich für die Dachentwässerung zu benutzen und an dasselbe nicht noch anderweite Leitungen anzuschliessen, insbesondere nicht Küchenleitungen, welche erfahrungsgemäss öfter der Gefahr der Verstopfung unterworfen sind.

Da die Möglichkeit, dass beim Holzzementdach die Papierfläche durch Wind und Wasserablauf freigelegt werde, mit der Grösse der Dachfläche wächst, so liegt es nahe, die Kiesdecke in kleinere Felder von etwa 1 m Breite und Länge und noch weniger zu zerlegen, indem man regelmässige Flachziegelreihen in diagonalen Richtungen auf die oberste Papierlage bringt. In den so gebildeten kleinen, mit der Kiesschüttung gefüllten Feldern findet der Kies an den Flachziegelreihen Schutz, insbesondere gegen Fortspülen, und es können daher bei dieser Ausführungsweise auch Dächer mit grösserer als der oben angegebenen Neigung mit Holzzementbedachung versehen werden; immerhin wird dies nur bei kleinen Dachflächen gut möglich sein, weil einerseits das Dachwasser an den Ziegelreihen gesammelt wird und massenhaft zum Abfluss gelangt, andererseits, wenn man der zu grossen Ansammlung des Wassers durch kleinere Feldertheilung entgegenwirken wollte, man zu einem Dache käme, welches nur theilweise ein Holzzementdach sein würde, da ein grösserer Theil seiner Fläche mit gewöhnlichen Ziegeln auf Holzzementunterlage gedeckt wäre.

Vielfach wird Holzzementdach in Verbindung mit anderweiten Dachdeckungsarten angewendet, z. B. bei Mansardendächern für die Deckung des oberen, flachen Dachtheiles, ferner bei Nebentheilen eines Baues, die aus der Umfassungs-

mauer heraustreten und deren Hineinziehung in die Fläche des Hauptdaches die Konstruktion des letzteren erheblich erschweren würde, endlich zur Deckung niedriger Anbauten, wie Veranden, Alkoven, Erker, Treppenhäuser usw. In dieser grossen Anpassungsfähigkeit des Holzzementdaches an fast jede Bauform liegt ebenfalls ein Hauptvorzug desselben begründet.

b. Das doppellagige Kies-Pappe-Dach.

Die Herstellung dieser Bedachung erfolgt genau so, wie die des doppellagigen Pappedaches; wie beim Holzzementdach tritt eine Kiesschüttung hinzu.

Eine besondere Art des Verbandes erhält man nach Fig. 663 dadurch, dass man die Eindeckung an der Traufkante mit einer Rolle von halber Breite beginnt, über welche sogleich die obere Lage in voller Rollenbreite gestreckt wird. Jede folgende Rolle muss mit ihrem unteren Rande die vorher gelegte Bahn noch 10—15 cm über die Mitte hinaus überdecken, wobei nur die oberen

Fig. 663.

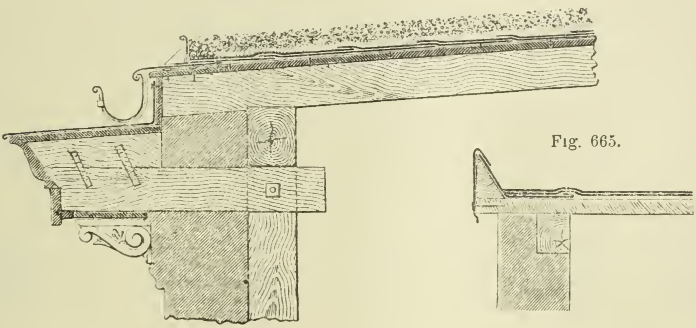


Fig. 665.

Fig. 664 a.

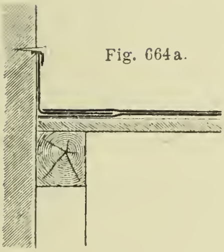


Fig. 664 b.

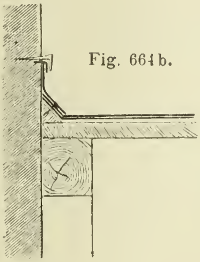
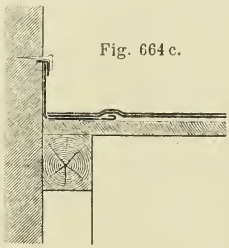


Fig. 664 c.



Ränder auf die Schalung geheftet werden. Im übrigen werden die Pappe-Lagen aufeinandergeklebt, wie beim Holzzementdach, schliesslich 1 cm hoch mit Sand besiebt und 6 cm hoch mit Kies überschüttet. Die Einfassung an den Traufkanten, Giebeln, Schornsteinen usw. erfolgt mit Zinkblech nach Fig. 664a, b, c und Fig. 665, wobei die Nagelung des Bleches wieder möglichst zu vermeiden ist. Zur Erhaltung des Zinkbleches empfiehlt es sich, dasselbe nach einem oder zwei Jahren, sobald seine Oberfläche mit einer Oxydschicht bedeckt ist, zu theeren, was aber nur an sehr warmen und trockenen Tagen geschehen darf. Muss das Zinkblech gegen frisches Mauerwerk oder auf frischen Putz gelegt werden, so ist eine Unterlage von Dachpappe oder Asphaltpapier anzurathen, weil das Zinkblech von den im Mörtel oder Mauerwerk enthaltenen Alkalien sehr bald zerfressen wird.

VIII. Zusammenstellung der Dachneigungen.

Spliessdach	1 : 2 bis 1 : 3	bei einem Satteldach.
Doppeldach	1 : 3 „ 1 : 5	
Kronendach	1 : 3 „ 1 : 5	
Pfannendach	1 : 2 „ 1 : 3	
Krämpziegeldach	1 : 2 „ 1 : 3	
Falzziegeldach	1 : 3 „ 1 : 6	
Zementplatten	1 : 2 „ 1 : 5	
Schieferdach (englisch) . .	1 : 3 „ 1 : 5	
„ (deutsch) . .	1 : 2 „ 1 : 3	
Pappedach	1 : 10 „ 1 : 15	
Holzzementdach	1 : 20 „ 1 : 60	

III. Zimmer-Konstruktionen.

Bearbeitet von Julius Faulwasser, Architekt in Hamburg.

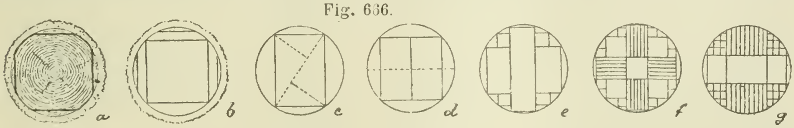
A. Einleitung.

Allgemeines, Abmessungen der Hölzer, zulässige Belastungen.

Unter Zimmerarbeiten begreift man zunächst alle Verbindungen und Zusammenfügungen von Hölzern, die für das konstruktive Gerippe eines Bauwerks nöthig sind. Doch ist die hierin gezogene Grenze den Tischlerarbeiten gegenüber um so ungewisser, als auch der Ortsgebrauch einen Einfluss übt.

Als Material für die Zimmerarbeiten ist nur gesundes, gerade gewachsenes und ausser der Saftzeit gefälltes Holz zu verwenden, das frei von Rissen, Roth- oder Weissfäule, Wurmfrass, faulen Astlöchern usw. sein muss. Wofern das Holz dem Feuchtigkeitswechsel ausgesetzt ist, oder vom Mauerwerk umschlossen wird, wie dies z. B. bei Schwellen, Mauerlatten, Balkenklötzen usw. der Fall ist, sollte stets Eichenholz verwendet werden, da die anderen Holzarten unter solchen Verhältnissen nicht von langer Dauer sind. Im übrigen dienen für diese Arbeiten in Deutschland nahezu ausschliesslich Nadelhölzer, und zwar werden die Kiefer oder Föhre, die Fichte, die Weisstanne und u. Umst. die Lärche verwendet; daher sind die Angaben, welche sich weiterhin über Holzstärken finden, auf diese

Fig. 666.



Hölzer zu beziehen. Für bestimmte Zwecke kann auch die Buche infrage kommen. Sonstige Holzarten, die für einzelne Arbeiten, wie Treppenstufen, Geländer, Parkettböden, Vertäfelungen usw. vielfach gebraucht werden, sind: Esche, Nussbaum, Birnbaum, Kirschbaum und eine ganze Reihe ausländischer Hölzer. Unter diesen haben für Fussböden neuerdings Pitchpine und amerikanisches Ahornholz eine hervorragende Bedeutung gewonnen. —

Besonders starke Hölzer heissen Sägeblöcke, dieselben haben eine Zopfstärke von 35—50 ^{cm} und eine mittlere Länge von 8 ^{m}; sie dienen vorzugsweise zur Gewinnung von Bohlen und Brettern. Alsdann folgt das sogen. starke Bauholz in Längen von 12—14 ^{m} und mit Zopfdurchmesser von 25—35 ^{cm}, das Mittelbauholz (Riegelholz) in Längen von 9—12 ^{m} und Stärken von 20—25 ^{cm}, das Kleinbauholz (Sparrholz), 9—11 ^{m} lang und 15—20 ^{cm} stark. Alle diese Hölzer dienen zu Balken verschiedenster Art. Ferner hat man dann noch Bohlstämme, 13—15 ^{cm} stark und 7—9 ^{m} lang, für Gerüst- und Leiterbäume usw., sowie Lattstämme, 8—13 ^{cm} stark und 7—9 ^{m} lang, für Staakdecken und Rohrdachlatten.

Von gesunden Stämmen wird bei der Zurichtung nur der Splint entfernt; die alsdann bei möglichster Ausnutzung der Querschnittsfläche des Wipfel- oder Zopfendes entstehenden Hölzer nennt man Schnitthölzer, im Gegensatz zum „bewaldrechteten“ Holz, welches mit der Axt beschlagen ist und bei etwas weiter gehender Bearbeitung mit derselben auch als Kantholz bezeichnet wird, Fig. 666a. Nach Fig. 666b entstehen beim Schnitt eines quadratischen Balkenholzes vier sogen. Schwarten. Die grösste Tragfähigkeit besitzt ein auf Biegung beanspruchtes Balkenholz, wenn in dessen Querschnitt die Seitenlängen im Verhältniss von 5 : 7 stehen. Dieser Querschnitt wird erhalten, indem man, Fig. 666c, den Durchmesser in drei gleiche Theile theilt und in den Theilungspunkten Senkrechte, die den Umkreis treffen, errichtet. Hölzer dieser und ähnlicher Querschnitte

nennt man Ganzholz-Balken, im Gegensatz zu Halbholz-Balken, welche durch den Schnitt, Fig. 666 d, und Kreuzhölzern, welche durch Trennung nach der punktirten Linie in derselben Figur entstehen.

Beide Anordnungen sind ungünstig, weil sie die Mittelaxe des Stammes treffen und weil sich infolgedessen die entstehenden Hölzer leicht werfen. Günstiger sind die nach Fig. 666e u. f geführten Schnitte; bei e entstehen im Umkreis vier Schwarthölzer und bei f acht Dachlatten. Einen Schnitt, welcher mehrere Dachlatten giebt, zeigt Fig. 666g; die zugleich entstehenden Bretter sind an einer Seite ohne weiteres gesäumt.

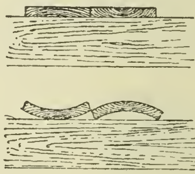
Die üblichen Abmessungen geschnittener Balkenhölzer, mit denen man beim Gebrauch auszukommen suchen muss, wechseln bei Ganzholz zwischen 20 und 25 ^{cm} Breite und 24 und 30 ^{cm} Höhe, bei Halbholz zwischen 12 und 15 ^{cm} Breite und 24 und 30 ^{cm} Höhe, bei Kreuzholz zwischen 7 und 12 ^{cm} Breite und 7 und 15 ^{cm} Höhe. Bei Latten unterscheidet man Pfostenlatten, die etwa 5 zu 10 ^{cm} stark sind, böhmische Latten, die mit einem Mittelschnitt aus Bohlstämmen geschnitten werden, Dachlatten, etwa 4 zu 7 ^{cm} stark, und Dünn- oder Spalierlatten, die 2—3 ^{cm} Höhe und Breite haben. Bohlen sind gewöhnlich 5—7 ^{cm} stark, kommen indessen auch in Stärken bis über das Doppelte vor. Bretter sind 2,2—4,5 ^{cm} stark und man unterscheidet je nach der Stärke: Schalbretter, Rüstbretter, Tischlerbretter und halbe und ganze Spundbretter. Werden Schalbretter noch in zwei oder drei „Dicken" getheilt, so entstehen Zweiblatt bezw. Dreiblatt. Noch geringere Dicken heissen Fourniere.

Im Jahre 1895 hat der Innungsverband deutscher Baugewerksmeister (unter Zustimmung der deutsch. staatl. und städt. Behörden und des Verbandes deutscher Arch.- und Ing.-Vereine) Normalien für die Abmessungen von Bau-Kantholz aufgestellt,*) die bisher allerdings noch keine allgemeine Einführung erlangt haben.**)

Fig. 667.



Fig. 668a u. b.



Bei Verarbeitung des Bauholzes ist es wichtig, die Jahresringe zu beachten, welche oft von ungleicher Breite und entsprechend verschiedener Härte sind. Beim Trocknen werden die lockeren Schichten mehr schwinden, als die festen, wodurch das Holz krumm wird, Fig. 667. Balken aus derartigen Hölzern müssen daher so gelegt werden, dass die Belastung der Richtung des Werfens entgegen wirkt. Die beim Bearbeiten unberührt gebliebenen Jahresringe der Balken besitzen grössere Widerstandsfähigkeit, als diejenigen, welche vom Sägenschnitt getroffen worden sind. Deshalb hat auch ein Rundholz-Balken annähernd dieselbe Tragfähigkeit, wie ein Balken von quadratischem Querschnitt, dessen Seite gleich dem Durchmesser des ersteren ist. Die Verwendung von Rundhölzern ist daher ökonomischer und immer da vorzuziehen, wo nicht eine ebene Oberfläche unerlässlich ist.

Aus dem, was eben angeführt ward, ergiebt sich auch, dass Wahnkanten (Waldkanten, Baumkanten), die an denjenigen Stellen der Balken entstehen, an denen der Stamm das gewünschte Profil nicht liefert, die Tragfähigkeit des Holzes nur in mässigem Grade verringern. Doch sollte eine Wahnkante nie breiter sein, als $^1/_3$ der Balkenbreite und sich nicht weiter als über $^1/_5$ der Balkenlänge erstrecken.

Krumm gewachsene Stämme liefern gutes Holz für natürliche Sprengung der Balken, müssen aber mit Vorsicht verwendet werden. Schneidet man sie in der Krümmung gerade, so ziehen sie sich gewöhnlich sehr bald von neuem krumm. Die Verwendung gedreht gewachsener Stämme ist noch bedenklicher. Auch bei Brettern muss beachtet werden, aus welchem Theile des Querschnitts sie entnommen sind. Liegt z. B., wie in Fig. 668a, von zwei Brettern das eine mit dem Kern nach oben, das andere nach unten gekehrt, so werden sich beide, wie in Fig. 668b angegeben, in entgegengesetztem Sinne werfen.

*) S. Centralbl. der Bauverwaltg. 1898 S. 273, Erlass des preuss Ministers der öff. Arb.

**) Die Tabelle nebst den zugehörigen Widerstands- und Trägheitsmomenten s. Dtsch. Baukalender 1902, Theil II, S. 49.

Ueber die zulässige Beanspruchung des Holzes giebt die Tabelle e, S. 33 nach den Angaben des preuss. Ministeriums d. öffentl. Arbeiten und des Berliner Polizei-Präsidiums als Grenze der Zugbeanspruchung für Eichen- und Buchenholz, sowie für Kiefernholz 100 $^{kg/qcm}$, für Druck für die beiden ersten 80 ^{kg}, das letztere 60 $^{kg/qcm}$ an. Bei vorübergehenden Bauten wird man diese Zahlen unbedenklich etwas höher annehmen können und zwar auf je 120 $^{kg/qcm}$ für Zug, für Druck auf 90 bezw. 70 $^{kg/qcm}$. Die Scheer- oder Schubfestigkeit parallel zur Faserrichtung ist wesentlich geringer und zwar für Eichen- und Buchenholz auf höchstens 20 ^{kg}, für Kiefernholz auf 10 $^{kg/qcm}$ anzunehmen. Bei Hölzern, die auf Knicken inanspruch genommen werden, kommt dann noch der Elastizitätsmodul inbetracht, der für die infrage stehenden Holzarten im Mittel mit 120000 $^{kg/qcm}$ eingesetzt werden kann. Gedrückte Balken sind auf Zerknicken zu berechnen, wenn ihre freie Länge grösser ist, als das zehnfache der kleinsten Querschnitts-Abmessung. Bei der Berechnung auf Knicken ist zehnfache Sicherheit anzunehmen.

Ueber das spez. Gewicht des Holzes s. d. Angaben S. 30, Tabelle a.

B. Konstruktionen aus Balkenhölzern.

I. Die Verbände.

Der Ausdruck „Zimmer-Verbände" umfasst alle diejenigen Vorkehrungen, die als Mittel zur Verbindung von Hölzern dienen, welche in irgend einer Richtung zusammentreffen; die Verbände bezwecken, eine mehr oder weniger vollkommene Unverschiebbarkeit herbeizuführen. Je nach der infrage kommenden Inanspruchnahme lässt sich dies entweder ohne oder mit Zuhilfenahme von Eisen erreichen.

Fig. 669.

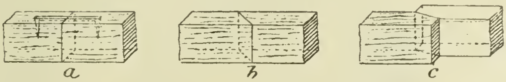
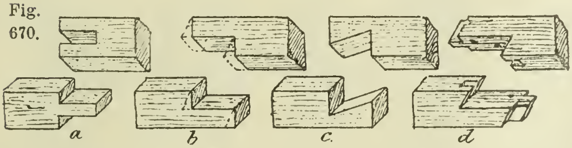


Fig. 670.



Bei den Verbänden ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass das Eindringen von Feuchtigkeit in die Zapfenlöcher und Fugen nach Möglichkeit verhindert wird. Vielfach muss ausserdem dafür Sorge getragen werden, dass die Verbindungen regulirbar sind, um auch bei dem Schwinden des austrocknenden Holzes stets eine sichere Uebertragung der Kräfte zu ermöglichen.

a. Die einfachen Holzverbände.

Die einfache Verlängerung eines wagrecht liegenden Holzes geschieht durch den Stoss oder das Blatt. Bei Balkenlagen auf massiven Wänden genügt es, wenn man die Balken nach Fig. 669a, b oder c mit dem geraden, schrägen oder versetzten schrägen Stoss verbindet. Zu einiger Befestigung kann eine eiserne Klammer dienen, Fig. 669a. Bei Schwellen oder Balkenstössen auf Fachwerk-Wänden muss eine der besonderen Inanspruchnahme angepasste Verbindung erreicht werden. Wenn nur eine mässige Zugwirkung bei den Verbandstücken zu erwarten ist, so genügen die einfachen Verblattungen, wie dieselben in Fig. 670 dargestellt sind. Bei a ist der Stoss mit Blattzapfen, bei b das gerade Blatt mit geradem, bezw. schrägem Stoss, bei c das schäge Blatt, bei d das schräg gestossene gerade Blatt mit Zapfen dargestellt. Diese Verblattungen werden mit einer zweimaligen Verbohrung versehen und mit hölzernen Nägeln verbunden.

Eine Verbindung der Hölzer durch die Verblattung selbst erreicht man durch die hakenförmige Verblattung. Fig. 671a giebt die doppelte Verblattung mit gerade, bezw. schräg angestossenem Hakenblatt; bei schrägem Stoss kann durch eine mittlere Verkeilung diese Verbindung auch gegen Beanspruchung in senkrechter Richtung gesichert werden. b und c geben das versteckte gerade, oder schräge Hakenblatt und d giebt die doppelte Verblattung mit schrägem Hakenblatt. Sehr starke Hölzer verbindet man auch durch die Verzahnung oder das dreifache schräge Hakenblatt, welches in Fig. 672a, mit Andeutung der umzulegenden eisernen Bänder, dargestellt ist. Den grossen Holzverlust, der bei dieser Verblattung stattfindet, vermeidet die Konstruktion Fig. 672b in dem geraden Stoss mit gerade oder schräg eingesetztem doppelten Hakenblatt. In ebenfalls sehr einfacher Weise sichert auch das schwalbenschwanzförmige Blatt mit Brüstung, Fig. 672c, sowohl gegen Quer-, wie auch gegen Längs-Verschiebung.

Fig. 671.

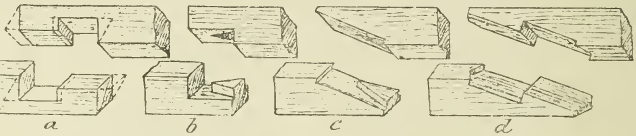


Fig. 672.

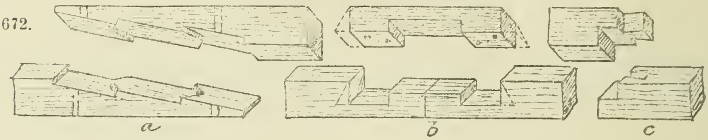


Fig. 673.

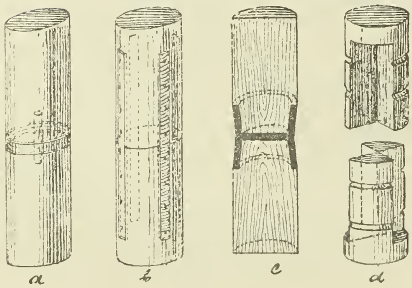
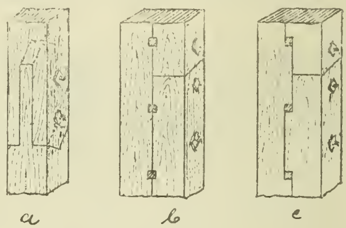


Fig. 674.



Soll eine Verlängerung bei senkrecht stehenden Hölzern stattfinden, so bezeichnet man dieselbe als „Aufpfropfen". Zur Sicherung des Stosses dienen hier ein eiserner Dorn, Fig. 673a, oder Flacheisen-Schienen, Fig. 673b, oder ein gusseiserner Schuh, Fig. 673c, oder endlich eine Ueberschneidung und Sicherung mit eisernen Bändern, Fig. 673d. Am haltbarsten sind die Verbindungen Fig. 673b und c. Hölzer mit viereckigem Querschnitt können mittels eines Blattzapfens, Fig. 674a, gestossen werden; doch wendet man diese Verbindung selten an, da senkrechte Hölzer von grösserer Länge gewöhnlich verdoppelt werden unter Benutzung von Dübeln und Schrauben, Fig. 674b und c. Die Stösse der beiden Hölzer müssen gegen einander versetzt werden.

Handelt es sich um die Verbindung von zwei in verschiedenen Richtungen zusammentreffenden oder sich überkreuzenden Hölzern, so wird eine Verknüpfung nöthig. Hierzu gehören die Verzapfungen, das Verkämmen, die Versatzung die Aufklauung und die Anschiftung.

Verzapfung. Der einfache gerade Zapfen c, Fig. 675, findet am meisten Anwendung. Zur besseren Befestigung dient der schwalbenschwanzförmige Zapfen d mit Keil. An Ecken wird der zurück gesetzte gerade Zapfen b, seltener der Eckzapfen a verwendet. Sind beide Hölzer sehr stark, so wird mitunter auch ein doppelter gerader Zapfen angeschnitten, Fig. 675e.

Bei Verzapfungen mit Richtung nach dem unteren Ende bringen alle diese Anordnungen den Uebelstand mit sich, dass Wasser in die Löcher gelangen kann, und letztere deshalb eine Anbohrung erhalten müssen. Frei von diesem Mangel ist der Kreuzzapfen, Fig. 676, welcher auch für die Verzapfung von Eckstielen dienen kann.

Die Verbindung von Hölzern in der wagrechten Ebene geschieht durch Verkämmung, Ueberblattung oder Verzapfung. Fig. 677 zeigt die haupt-

Fig. 675.

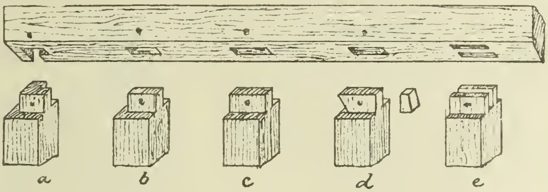


Fig 676.

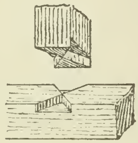


Fig. 677.

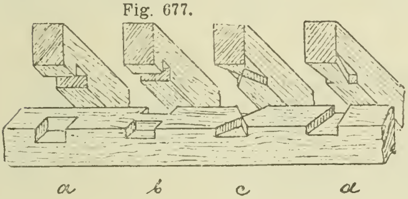


Fig. 679.

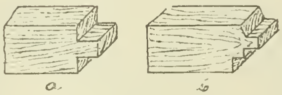


Fig. 678.

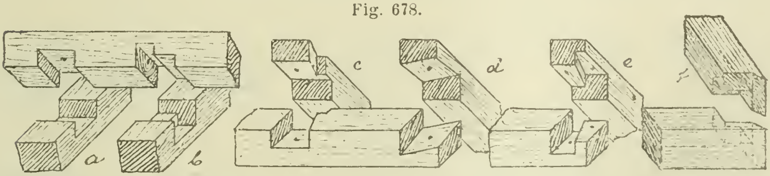
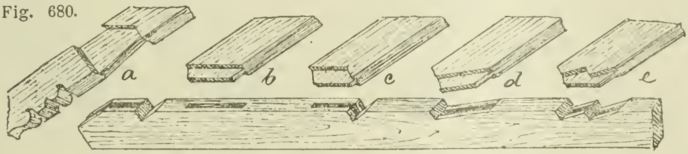


Fig. 680.



sächlichsten Verkämmungen. Bei *a* ist die einfache Seiten-, bei *b* die Mittel-, bei *c* die kreuzförmige und bei *d* die schwalbenschwanzförmige Verkämmung dargestellt. Soll die Oberfläche der verbundenen Hölzer in einer Ebene liegen, so müssen dieselben überblattet werden. Fig. 678 zeigt bei *a* die einfache, bei *b* die versetzte, bei *c* die schwalbenschwanzförmige Ueberblattung. Will man an einer Ecke die Hölzer nicht einfach gerade zusammen blatten, so kann man, wie bei *d* und *e*, die schräge, bezw. hakenförmige Ueberblattung anwenden. Für Schwellen ist diesen Verbindungen indess die bei *f* dargestellte Gratverblattung vorzuziehen, weil dieselbe das Hirnholz nach beiden Seiten ganz verdeckt. Ist keines der zu verbindenden Hölzer unterstützt, so dass sich beide in ihrer freien Länge treffen, so kann keine Ueberblattung angewendet werden und es wird eine

Verzapfung nöthig. Da das eine Holz auf dem Zapfen ruhen muss, so wird für diesen die ganze Holzbreite ausgenutzt. Man verwendet den einfachen geraden Zapfen *a*, Fig. 679, oder man verlängert das Auflager durch Verwendung des stärkeren, sogen. Brustzapfens *b*.

Ist ein Holz schräg mit einem senkrechten oder wagrechten anderen Holz zu verbinden, so wird ausser der Verzapfung oft noch eine Versatzung nöthig. Fig. 680 stellt in *b* den hierfür gebräuchlichen einfachen Zapfen, in *a*, *c* und *d* die verschiedenartigen Anwendungen der einfachen, und in *e* die der doppelten Versatzung dar. Um stark beanspruchte Hölzer nicht zu schwächen, lässt man mitunter gleich beim Sägen an der Verbindungsstelle ein stärkeres Stück stehen, Fig. 681. Kleinere Hölzer werden oft nur angeblattet, wie Fig. 682c zeigt; oder man bedient sich des sogen. Jagdzapfens, Fig. 682b. Beide Verbindungen gestatten, diese Hölzer hinzuzufügen, wenn die übrigen bereits fest verbunden sind.

Fig. 681.

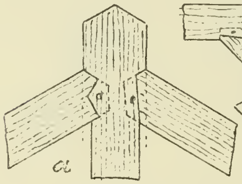


Fig. 682.

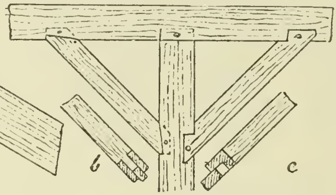


Fig. 685

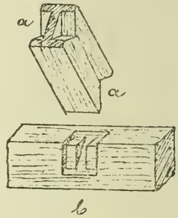


Fig. 683.

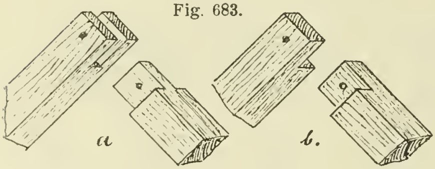


Fig. 684

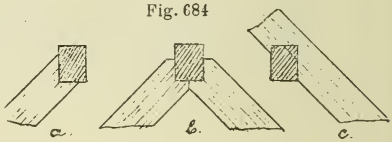


Fig. 686.

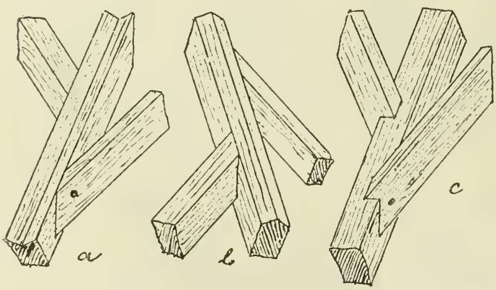


Fig. 688

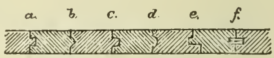
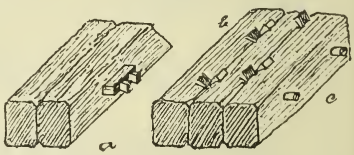


Fig. 687.



Haben beide zu verbindenden Hölzer geneigte Stellung, so giebt man ihnen den Scherenzapfen, Fig. 683a. Haben sie nur geringe Stärken, so genügt oft auch die einfache Ueberblattung, Fig. 683b. Wie fast alle Verzapfungen und Verblattungen müssen insbesondere auch diese letzteren verbohrt und mittels Holznägeln gesichert werden.

Sind schräge Hölzer mit wagrechten zu verbinden, die nicht in derselben Lothebene liegen, so ist Klauung nöthig. Bei der einfachen Aufklauung wird das schräge Holz winkelrecht angeschnitten, Fig. 684a und b; besser ist es, wenn von dem wagrechten Stück auch etwas fortgenommen wird, wie bei Fig. 684c. — Bei stärkeren Hölzern kann auch in der Mitte der Klaue noch ein Steg stehen bleiben, wodurch dieselbe die Gestalt von Fig. 685a, und das ausgeschnittene wagrechte Holz diejenige von Fig. 685b erhält.

Treffen sich zwei schräge Hölzer verschiedener Lothebenen, so wird der schwierigste Zimmerverband, die sogen. Anschiftung erforderlich. Dieser Fall tritt bei Dachflächen mit Kehlen oder Walmen ein, wo die gewöhnlichen Sparren die Grat- bezw. Kehlsparren treffen. Das Schiften besteht darin, an jene eine Fläche anzuschneiden, welche sich genau und voll an diese anlegt. Diese Fläche heisst Schmiegefläche. Sie ergiebt sich aus dem Neigungswinkel des Daches und dem jedesmaligen Winkel der zusammenstossenden Grundrisseiten. Fig. 686a und b zeigen die einfache Schiftung bei einem Kehl- und bei einem Gratsparren. Um die mehrfache Vernagelung des Sparrens an derselben Stelle zu vermeiden, ist es stets rathsam, die Schifter an jeder Seite des Grat- oder Kehlsparrens ungleichmässig zu versetzen. Bei Kehlen sehr steiler Dächer würde auf der Nagelung mitunter eine bedeutende Last ruhen, und man bedient sich daher bei grösseren Dächern gern der sogen. Klauenschiftung, Fig. 686c. In diesem Fall wird zugleich die holzschwächende Aushobelung des Kehlsparrens entbehrlich.

Eine besondere Gruppe von Holzverbindungen bilden noch diejenigen, mittels welcher Hölzer mit ihren Langseiten an einander gefügt werden. Bei Balken dient hierzu die Verdübelung, bei Bohlen die Spundung. Die gewöhnliche Art ist die Verdübelung durch Keile, Fig. 687b. Letztere werden von oben in die entsprechend gelochten Dübelbalken hineingetrieben. Soll die Oberfläche des in dieser Weise überdeckten Raumes ohne weiteres als Fussboden dienen, so geschieht die Verdübelung gleich beim Verlegen der Balken durch runde Dübel, die in seitliche Verbohrungen möglichst stramm eingetrieben werden, wie in Fig. 687c gezeigt ist. Die bei *a* dargestellte, ohne Zerschneiden nicht wieder auseinander

Fig. 689 a u. b.



Fig. 690.



Fig. 691 a u. b.

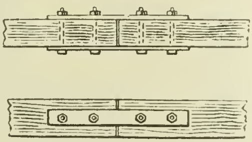
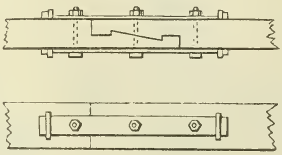


Fig. 692 a u. b.



zu bringende Verdübelung durch viereckige Klötze, die mittels Verkeilung in schwalbenschwanzförmige Verlochungen getrieben werden, findet selten Anwendung, da sie sehr viel Arbeit verursacht.

Die verschiedenen Arten des Spundens sind in Fig. 688 dargestellt. In der Regel findet nur die bei *c* gezeichnete Spundung Anwendung, seltener die bei *b* und *d* angegebene. Die schwalbenschwanzförmige Spundung bei *a* hat in Wirklichkeit keinen Werth. Die Spundung bei *e* hat den Zweck eine sichere Nagelung auf der verlängerten Feder zu ermöglichen. Da eine solche indess seit Einführung der Drahtstifte auch ohnehin schon ausführbar ist, so vermeidet man wegen des damit verbundenen unnöthigen Holzverlustes diese Spundung. Dagegen bietet die unter *f* gezeigte Anordnung, wonach beide zu verbindende Hölzer eine Nuth erhalten, oft wichtige Vorzüge. Es ist aber zu beachten, dass die Federn stets so geschnitten werden müssen, dass an den Langseiten der Bretter Hirnholzflächen entstehen; bei langen Spundbohlen ist dies jedoch kaum ausführbar.

b. Die einfachen Holz-Eisen-Verbände.

Wie schon oben angeführt ist, tritt bei der Ausführung von Holzverbänden heut zu Tage der bedeutsame Umstand hinzu, dass alle die, welche von wesentlich konstruktiver Bedeutung sind, gegenwärtig stets eine weitere Sicherung durch Eisen erhalten. Die einfachste Vorkehrung dieser Art, die eiserne Klammer zur Verbindung von Balkenstössen, ist schon bei Fig. 669 erwähnt. Mitunter kann dieselbe auch als Kreuzklammer, Fig. 689, gute Dienste leisten. Steht zu befürchten, dass sich die Klammer lösen wird, so fügt man, wie Fig. 690 zeigt, zwei eiserne Krammen hinzu. Ist eine bedeutendere Inanspruchnahme auf Zug zu erwarten, so genügen Klammern nicht mehr, und man verwendet Langschienen oder Laschen, welche die

Hölzer mittels Schraubenbolzen zusammenhalten. Fig. 691 und 692 zeigen die einfache gerade, und die an den Enden aufgekantete Verlaschung. Zangenverbände bei Dachkonstruktionen werden, wie Fig. 693 zeigt, ohne Zuhilfenahme von Laschen, nur durch Schraubenbolzen gesichert. Es soll indess hierbei die Zange in den Sparren stets schwalbenschwanzförmig eingeblattet sein, um der Möglichkeit einer Abscheerung der Bolzen vorzubeugen. In welcher Weise Versatzzapfen durch Umlegen eiserner Bänder gesichert werden können, zeigt Fig. 694. Finden, wie bei *c* dargestellt, Sattelhölzer Verwendung, so ist zur Verhütung von Abscheerung stets auf Verdübelung Bedacht zu nehmen.

Eine besondere Gruppe von Verbandkonstruktionen bilden die zur Aufhängung von Tragbalken dienenden Vorkehrungen, die hauptsächlich bei Hängewerken (siehe z. B. Fig. 764a und b, S. 255) zur Anwendung kommen. Anstelle der früher

Fig. 693.

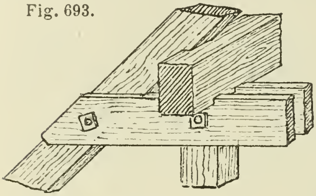


Fig. 694a, b u. c.

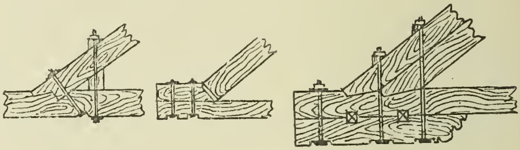


Fig. 695.

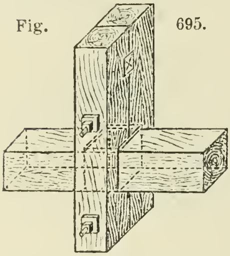


Fig. 696.

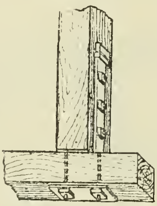


Fig. 697.

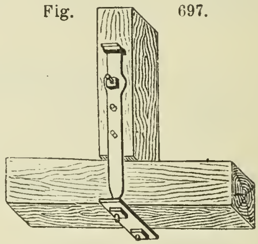


Fig. 698.

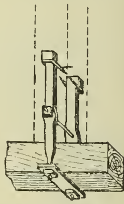


Fig. 699.

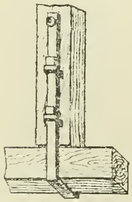


Fig. 700.

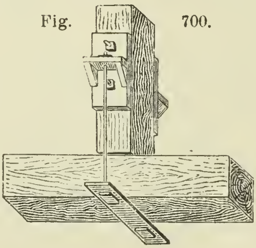
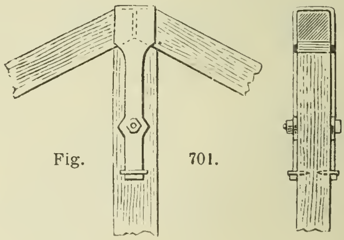


Fig. 701.



üblichen Art der Durchführung des Tragbalkens durch die doppelt, aus zwei zusammen gedübelten und verbolzten Hölzern hergestellte Hängesäule, Fig. 695, wird hierfür neuerdings ausschliesslich Eisenverbänden der Vorzug gegeben. Die Anordnung lässt sich verschieden treffen, entweder wie in Fig. 696—698 durch Anbolzung von Hängeeisen mit loser Schiene, die ein nachträgliches Aufschrauben gestattet, oder mit festem Unterbügel, wie in Fig. 699. Oft wird auch, wie in Fig. 700, die Hängesäule mit angebolzten eisernen Schuhen versehen, wonach es möglich ist, das Aufschrauben von einem oberhalb befindlichen Boden aus zu bewerkstelligen.

Im oberen Theil der Hängewerke gilt es, die Tragstreben sicher mit der Hängesäule zu verbinden. Auch hier kann die in Fig. 681 gezeigte ältere Konstruktionsweise selten Anwendung finden, weil gewöhnlich oberhalb der Endigung der Streben kein Platz verfügbar bleibt. Man bildet deshalb, wie

Fig. 701 und 702 darstellen, einen eisernen Kopfschuh, oder eine gegabelte Kopfschiene, wonach die Hängesäule dann die Versatzung der Streben noch an ihrem äussersten Ende aufnehmen kann.

Zu noch grösserer Mannichfaltigkeit der Anordnung geben Hängewerke mit zwei Tragsäulen beim Verbande der Streben mit dem Spannriegel Gelegenheit; Fig. 703—706 zeigen einige Beispiele für die gebräuchlichsten Befestigungsweisen dieser wichtigen Konstruktionstheile.

Als letzten Verbandes erübrigt es endlich noch der Balkenanker zu gedenken, die den Zusammenhang zwischen Balken und Mauerwerk vermitteln. Fig. 707a u. b stellen den gebräuchlichen einfachen Balkenanker in Aufriss und Grundriss dar. Derselbe besteht aus einem Flacheisen, das 1—1,5 cm stark und 4—5 cm breit ist. Am Ende wird dieses Flacheisen aufgebogen und mit einer Kramme oder Krampe

Fig. 702.

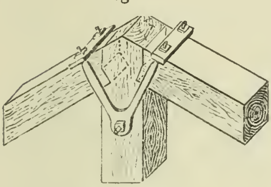


Fig. 703.

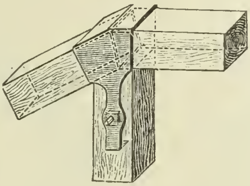


Fig. 704.

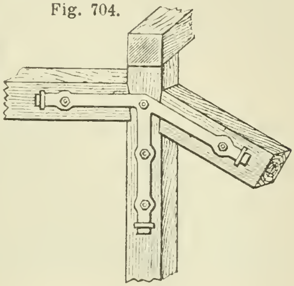


Fig. 705.

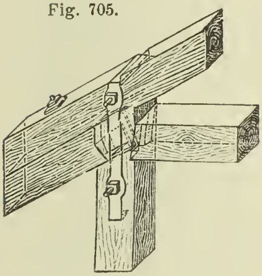


Fig 706.

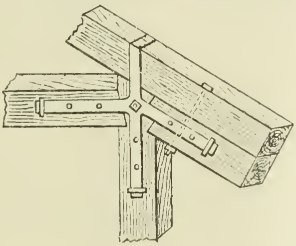


Fig. 707 a.

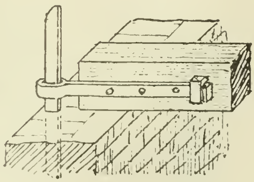


Fig. 709.

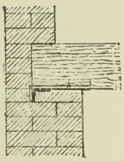


Fig. 708.

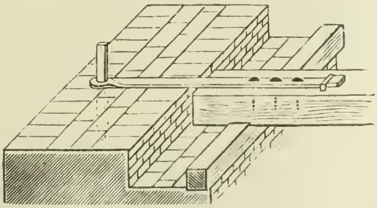
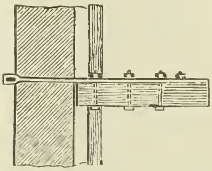


Fig. 707 b.



befestigt; die Länge beträgt 0,9—1,2 m. In der Mauer wird der Anker durch einen sogen. Splint festgehalten, welcher etwa 0,9 m lang und 2 zu 4 cm stark ist. Wünscht man, dass der Anker im Aeusseren der Mauer nicht zu Gesicht treten soll, so kann der Splint auch, wie Fig. 708 zeigt, gegen die Aussenfront zurückstehend vermauert werden.

Diese früher ausschliesslich übliche Art der Verankerung ist jedoch nicht immer zweckmässig, da sich die Splinte verbiegen, oder sofern die Mauern schwach sind, diese durch die Anker nach Innen zum Ausweichen gebracht werden können. Es ist deshalb in neuerer Zeit mit gutem Erfolg ausgeführt, den Splint wagrecht in die Mauer zu verlegen und ihn mit Zement zu vergiessen. Fig. 709 lässt diese Anordnung erkennen, bei der die gesammte obere Mauer den Splint unmittelbar belastet. Diese Verankerung muss somit eine Versteifung der Mauer herbeiführen.

Soll andererseits der Splint im Aeusseren als Verzierung dienen, so verwendet man, wie Fig. 710 und 711 zeigen, zwei sich kreuzende Eisen oder schafft durch künstliches Schmiedewerk reichere Formen, wie solche sich im Haupt-Abschnitt V über die Metallkonstruktionen des Aufbaues in einigen Beispielen dargestellt finden. Passt in solchem Fall die Lage der Balken nicht zu dem Punkt, den man im Aeusseren schmücken will, so lässt sich, wie Fig. 710 zeigt, ein Wechsel einlegen, eine Anordnung, die zugleich in vortheilhafter Weise den Zug auf zwei Balken überträgt.

Ausser den hiermit beschriebenen kurzen Balkenankern der Frontwände werden in jedem grösseren Hause noch lange Balkenanker zur Sicherung der Giebelwände gebraucht. Man nennt dieselben Giebelanker und lässt sie, wie Fig. 711 zeigt, stets über mindestens drei Balken hinwegreichen. Auf jedem Balken wird die Schiene kräftig genagelt und am Ende umgebogen, sodass man sie auch seitwärts nochmals befestigen kann.

Fig. 710.

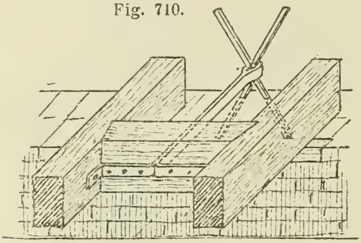


Fig. 711.

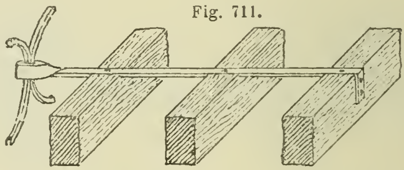
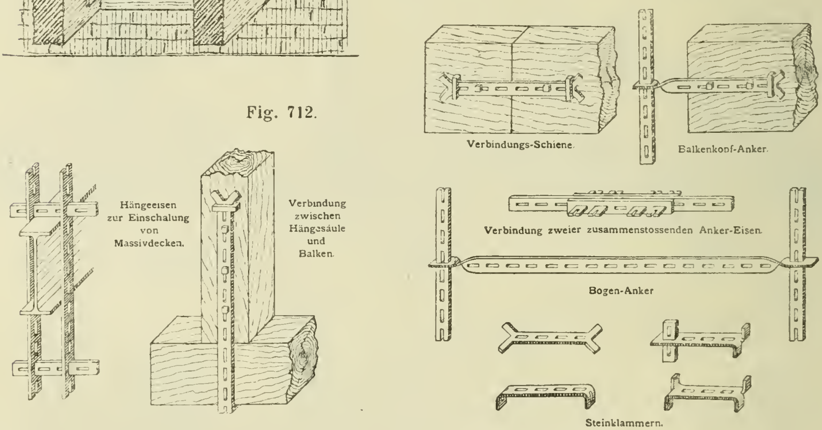


Fig. 712.



Eine Vereinfachung zum Herstellen der Anker selbst bieten Schürmann's Ankereisen.*) (D. R.-P. 113900.) Die Eisenstangen sind hierbei derartig aufgelocht, dass sie, wie Fig. 712 zeigt, für jede Länge unmittelbar zu Pass behauen und sogleich benutzt werden können. Aus dieser Figur ist auch die Verwendbarkeit des Ankereisens zu Klammern, Laschen, Hängeeisen usw. ersichtlich.

II. Konstruktion der Wände.

a. Blockwände

werden aus runden oder behauenen Stämmen hergestellt. Die Stämme werden dicht geschichtet, und die Fugen mit Moos usw. gedichtet. Bei Verwendung runder Stämme werden die Ecken mit sogen. Vorstössen, Fig. 713 konstruirt; jeder Stamm wird wechselweise oben und unten zur Hälfte eingehauen. Bei Ver-

*) Deutsche Bauztg. 1901, Seite 399.

wendung von vierkantig beschlagenem Holz werden die Enden, Fig. 714, mit beiderseits geschrägtem Zapfen (Verblattung) zusammen gefügt. In Deutschland werden Blockhäuser fast nur in zierlichen Nachahmungen, als Gartenpavillons usw., angetroffen. Für die ausserordentlich anmuthige und feine Ausbildung, die man ihnen geben kann, bieten die russischen Bauten auf der Pariser Weltausstellung von 1878 (veröffentlicht Encyclop. d'archit. 1879, Taf. 610, 627, 628), sowie die norwegischen Bauten*) vortreffliche Beispiele. Letztere sind neuerdings infolge mehrfacher durch Kaiser Wilhelm II. veranlasster Ausführungen auch in Deutschland näher bekannt geworden.

b. Bohlen- oder Spundwände

werden aus gespundeten starken Bohlen hergestellt; man kann die Bohlen sowohl senkrecht neben einander, wie auch wagrecht über einander anordnen. Im ersteren Fall werden dieselben entweder am unteren Ende zugespitzt und eingerammt, oder sie werden mit einer Hirnholzfeder in eine Schwelle verkämmt,

Fig. 713.

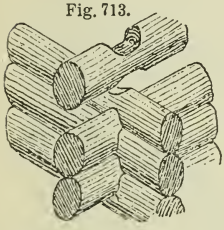


Fig. 714.

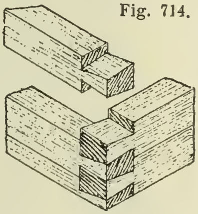


Fig. 715.

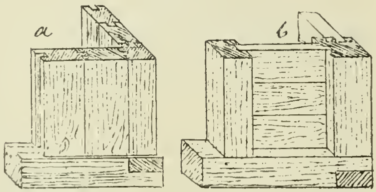
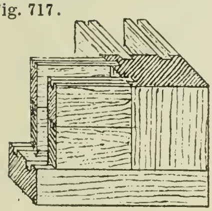
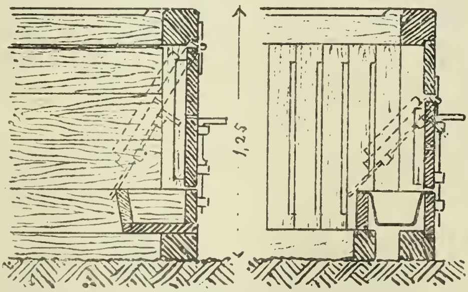


Fig. 717.



a Fig. 716. b



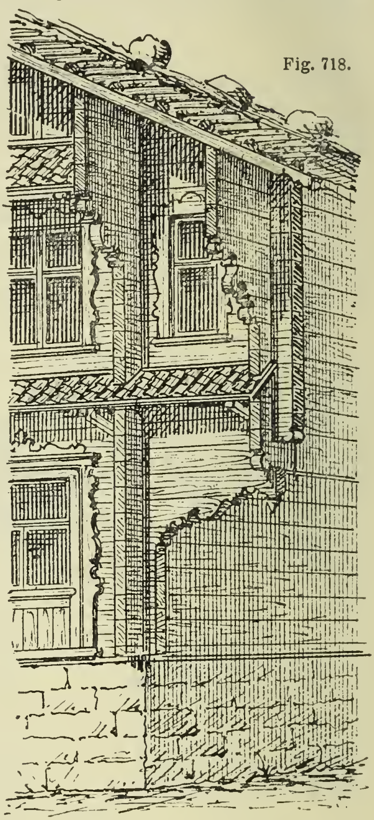
wie in Fig. 715 a dargestellt ist. Bei wagrechter Lage der Bohlen müssen dieselben auf einer Schwelle ruhen und an den Enden, sowie bei Oeffnungen in Stiele oder Pfosten verkämmt sein, Fig. 715 b. In dieser Ausführungsweise kommen Bohlwände hauptsächlich als Trennungswände in Viehställen zur Ausführung, Fig. 716. Auch werden solche Wände mitunter zur Dämpfung von Geräusch, z. B. in Gefängnissen und anderweitig, verdoppelt ausgeführt, Fig. 717. Der Hohlraum wird dann mit Torf, Spreu oder Sand ausgefüllt. Mit noch weiterer Vergrösserung des Zwischenraumes dienen derartige Ausführungen für Eishäuser.

In der Schweiz ist es üblich, die Bohlwände ähnlich wie bei den Blockwänden beschrieben mit Vorstössen herzustellen. Durch reiche Profilirung der Bohlenenden an oben weiter heraus tretenden Vorstössen lässt sich mit dieser Anordnung eine ausserordentliche Lebhaftigkeit der Gebäudeansicht erzielen; vergl. z. B. Fig. 718, ferner auch „Das Bauernhaus in der Schweiz, herausgegeben vom Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein", Zürich 1902 und das

*) Zahlreiche Vorbilder dafür enthält das schöne Werk „Die Holzbaukunst Norwegens" von Dietrichson und Munthe, Berlin, Verlag von Schuster & Bufleb.

architektonisch überaus mustergiltig durchgeführte Holzhaus von Dr. Leonhard am Kieler Hafen, Centralblatt der Bauverwaltung 1898, S. 435, sowie endlich das Holzhaus in Melbourne, Deutsche Bauzeitung 1896, Seite 289.

Fig. 718.

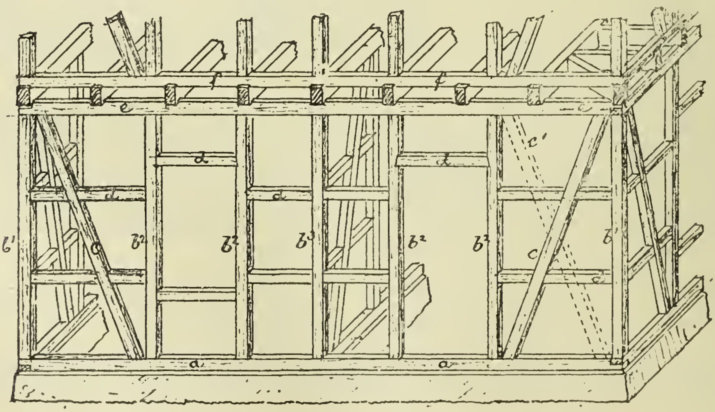


c. Fachwerkwände

bedürfen des Holzes nur in ihren tragenden Konstruktionstheilen. Sie sind deshalb sparsamer und gestatten eine bei weitem vielseitigere Anwendung, sowohl als Ersatz von Umfassungsmauern wie auch als Scheidewände, zumal sie die Vortheile der Leichtigkeit und Billigkeit miteinander vereinigen.

Eine Fachwerkwand enthält, Fig. 719, folgende Konstruktionstheile: die Grundschwelle oder Schwelle *a*, welche stets in ganzer Länge untermauert, oder doch in kurzen Zwischenräumen unterstützt sein muss. Ferner die Stiele oder Pfosten *b*, welche je nach ihrem Standort als Eckstiele b^1, Thür- und Fensterstiele b^2, Zwischenstiele und Bundstiele b^3, unterschieden werden. Ferner die Streben oder Bänder *c*, deren mit Rücksicht auf die Standfestigkeit in jeder Wand wenigstens zwei nach entgegengesetzten Richtungen angeordnet werden müssen, sodass ein Dreiecksverband innerhalb der Wände hergestellt ist. Die Riegel *d* theilen die Gefache wagrecht zu der für die Ausfüllung zweckmässigen Grösse ab; sie sollen nach Möglichkeit rechts und links von den Stielen versetzt sein; damit die Verlochung für die Zapfen nicht von beiden Seiten dieselbe

Fig. 719.



Stelle trifft. Gewöhnlich stellen Thür- und Fensterriegel, welche ausser den Zapfen eine kleine Versatzung erhalten, die Abwechslung in der Höhentheilung

her. Unter den Balken liegt zur Aufnahme der Verzapfungen für Stiele und Streben das Rahmstück oder die Pfette *e*. Wird die Wand durch mehrere Geschosse geführt, so legt man über den Balken abermals eine Schwelle, welche Saum- oder Brustschwelle genannt wird und die Verzapfungen der oberen Stiele aufnimmt. An der Giebelseite dient entweder, wie in Fig. 719 links gezeigt ist, der letzte Balken zugleich als Pfette und Schwelle, oder es wird des gleichmässigen Aussehens wegen ein Stichgebälk eingefügt, Fig. 719 rechts. Diese Anordnung beeinträchtigt indessen durch die vielen, sonst nicht eintretenden Verzapfungen den Verband. Wenn die Balkenköpfe mit Brettern bekleidet werden sollen, umgeht man daher das Stichgebälk ganz, und verdeckt, ebenso wie an den

Fig. 720.

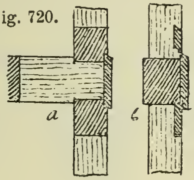


Fig. 721.

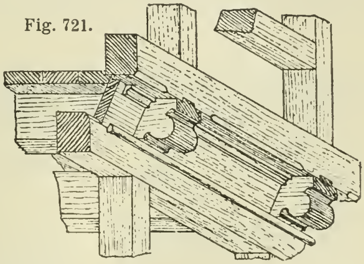


Fig. 722.

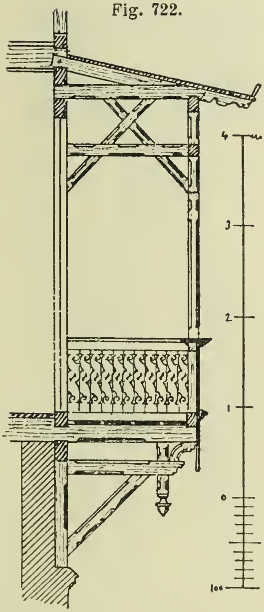
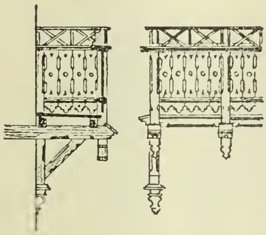


Fig. 723.



übrigen Fronten die Balkenköpfe, auch die Breitseite des Giebelbalkens, völlig mit einem Brett, Fig. 720. Sollen die Balkenköpfe frei bleiben, so muss Schutz gegen eindringende Nässe anderweitig erzielt werden und es ist eine Ueberkragung des oberen Geschosses, Fig. 721, in diesem Fall sehr zu empfehlen. Ein grosser Theil der Fachwerkbauten, die sich noch aus dem Mittelalter erhalten haben, verdankt seine lange Dauer dieser Anordnung, welche zugleich die Tragfähigkeit der Balken vermehrt. Bei noch weiterer Ueberkragung der Balken über die Frontwand-Ebene hinaus entstehen Balkone, Erker und Galerien, Fig. 722 und 723, in der Regel muss in diesem Fall die Unterstützung der Balken mit einem Strebeband erfolgen, das dann in einem sogen. Klappstiel verzapft wird. Die Balkenköpfe erhalten entweder einen Schutzbehang von ausgeschnittenen Brettern, Fig. 722, oder sie werden mit kleinen schrägen Brettern abgedeckt, Fig. 723.

Bei einer Verstrebung mit Andreaskreuzen oder anderweitig angeordneten Verzierungen, Fig. 719 bei c^1, fertigt man, um die Haltbarkeit der Konstruktion nicht zu schwächen, die zweite Strebe aus zwei Längen. Den Bundstiel b^3, Fig. 719, kann man, wenn er nicht in die Theilung der Frontwand passt, auch hinter dieselbe stellen. Man nennt ihn dann Klapp- oder Wandstiel, und verbindet ihn mittels Bandeisen oder Schraubenbolzen mit den Riegeln der Frontwand. Für Ziegelmauerwerk werden die Gefache gewöhnlich nicht über 0,8—1,5 ^{qm} gross angenommen; es ergiebt sich hieraus eine Entfernung der Stiele von 0,6—1,25 ^{m} und eine 2—3 malige Verriegelung in jedem Geschoss. Die Befestigung des Mauerwerks in den Gefachen geschieht am besten nach jeder vierten oder sechsten

Schicht durch Einschlagen eines Nagels in den Wandpfosten. Diese Nägel bleiben 5—6 cm vorstehen und liegen später in der Fuge. Eine weitere Sicherung, insbesondere auch gegen Zugluft gewähren Nuthen (Mörtelleisten) in den Stielen, Fig. 724b. Da letztere aber hierdurch geschwächt werden, so benagelt man dieselben statt dessen oft mit dreieckigen Leisten, Fig. 724a. Hiermit wird indessen wieder der gute Mauerverband beeinträchtigt.

Bleiben die Gefache ohne Ausfüllung, wie z. B. bei Veranden, so können die Stiele weiter auseinander gerückt werden. Die Konstruktion wird durch den Fortfall der mehrfachen Riegelung eine viel leichtere und es kann auch den Rücksichten auf Verzierung mehr nachgegeben werden. Fig. 725 zeigt eine Veranda, bei der die in jedem Fach wiederholte Kreuzstrebung scheinbar kleine Sprengewerke bildet.

Fig. 725.

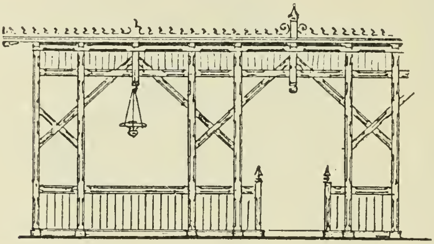


Fig. 724.



Fig. 727.

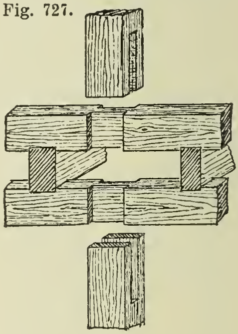


Fig. 726.

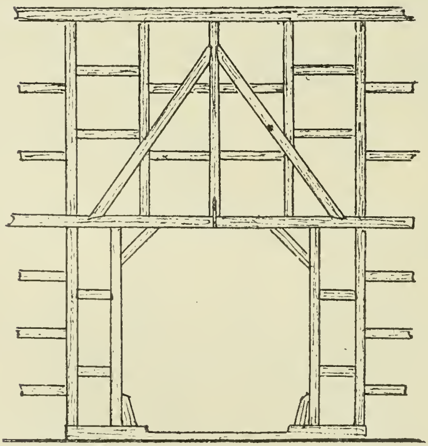
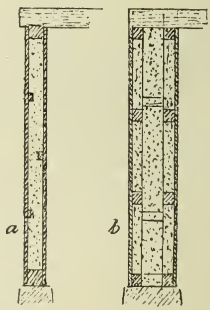


Fig. 728.



Die Stärke der Hölzer in Fachwerkwänden beträgt in der Regel durchgehends $^{12}/_{12}$ cm oder $^{12}/_{15}$ cm. Bei gehobelten und abgefasten Stielen ist die grössere Stärke nothwendig, damit dieselben um die Fasenbreite aus der Ausmauerung hervor treten. Riegelhölzer sind schon mit 7 cm stark genug; nur müssen Fenster- und Thürriegel immer die volle Stärke haben. Riegel über grossen Oeffnungen sind, um tragfähig zu sein, aus stärkeren Hölzern oder verdoppelt herzustellen. Ist die Wand oberhalb der Oeffnung höher geführt, so muss der Thürsturz durch ein Hängewerk entlastet werden, Fig. 726.

Ein Mangel der beschriebenen Fachwerkkonstruktion besteht darin, dass sich die mehrfach durch Langholz unterbrochenen Stiele bei zunehmender Belastung in die Rähme und Schwellen bezw. auch in die Balken einpressen und so ein theilweises Zusammensinken des Gebäudes veranlassen können. Bei Wohnhäusern

lässt sich diesem Uebelstande durch Verlängerung der Zapfen abhelfen, welche die Schwellen umfassen und Hirnholz auf Hirnholz ruhen lassen, Fig. 727. In Amerika, wo gewöhnlich Bohlenbalken mit Entfernungen von 40—45 cm verwendet werden, stellt man auch die Stiele ebenso nahe an einander, und führt dieselben in einer Länge durch die ganze Wandhöhe, indem man die Balken auf einer eingelassenen Bohle verkämmt. Fig. 729 zeigt diese Anordnung neben der älteren dort üblichen. Die Schliessung des Fachwerks erfolgt durch äussere und innere Verschalung, bei der die sonst nothwendige Hinzufügung von Streben entbehrlich wird. Bei stärker belasteten Gebäuden, wie z. B. bei Speichern, bleiben indess diese Aushilfsmittel unzureichend; man muss dann die Stiele verdoppeln und, gut zusammen gebolzt, mit wechselweisen Stössen ununterbrochen

Fig. 729.

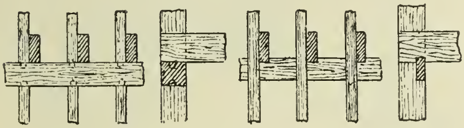


Fig. 731.

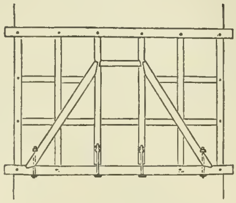


Fig. 730.

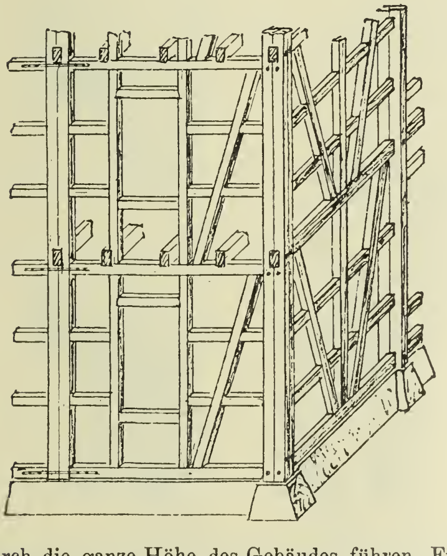


Fig. 732.

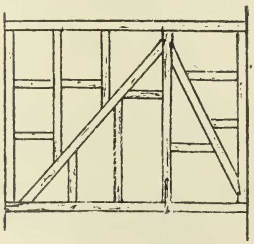
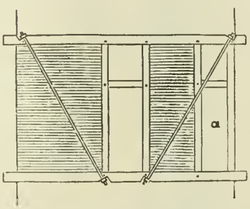


Fig. 733.



durch die ganze Höhe des Gebäudes führen, Fig. 730. Die Eckstiele werden der doppelten Verzapfung wegen gern vervierfacht, und die Balken ruhen auf starken Rahmen, welche mit den Doppelstielen verlocht und mit eisernen Bändern verbunden sind. Kleinere Zwischenstiele dienen für die Fensteröffnungen.

Für Eishäuser und ähnliche Zwecke werden mitunter doppelte Fachwerkwände erforderlich. Bei geringen Ansprüchen stellt man dieselben aus Stielen her, die beiderseits auf wechselseitig eingelassenen Latten verschalt werden, Fig. 728a. Ist eine grössere Stärke für die Füllung des Hohlraumes erwünscht, so müssen Doppel-Fachwerkwände gestellt werden, die unter sich leicht verriegelt sind. Die Stiele stehen in Entfernungen von 2—2,5 m.

Eine besondere Konstruktion erheischen diejenigen Fachwerkwände, bei denen eine Unterstützung der Schwelle unmöglich ist und die daher ein Hängewerk enthalten müssen, welches die Last der Schwelle aufnimmt. Man nennt diese Wände Sprengewände. Fig. 731 zeigt eine doppelte, Fig. 732 eine einfache Sprenge-

wand. Die Lage der Thüren ist gewöhnlich maassgebend für die Konstruktion, und es wird, da die Hängewerkstreben nicht gestatten, an den Seiten Thüren anzuordnen, die Aufhängung des Schwellbalkens auch oft durch Eisenstangen von oben her bewirkt, Fig. 733. Besonders wichtig ist diese Konstruktion bei Umbauten, wo die Entfernung einer Wand die Abfangung eines vorher unterstützt gewesenen Balkens nothwendig macht. Als Beispiel für eine grössere Sprengewand dient Fig. 734, nach welcher bei der Hamburger Gasanstalt die Giebelfläche eines Kohlenschuppens abgeschlossen ist; die Schliessung der Fächer ist durch Verschalung hergestellt.

Für den inneren Ausbau bilden die Thürgerüste noch eine fachwerkartige Konstruktion. Fig. 735a und b zeigen die Anordnung einfacher Thürgerüste für schwache Wände, und c ein doppelt verriegeltes für stärkere Mauern. Statt des Letzteren werden in Wohnhäusern, ebenso wie in den Fensterlaibungen, oft auch nur sogenannte Dübel in den Laibungen vermauert, Fig. 736. Oben dient in diesem

Fig. 734.

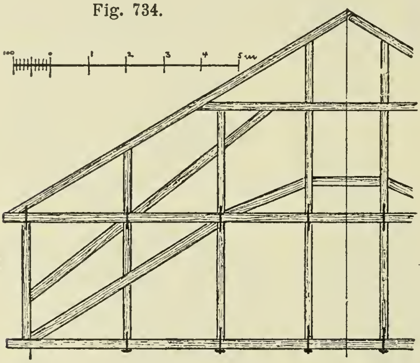
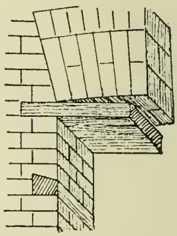


Fig. 736.



a b c

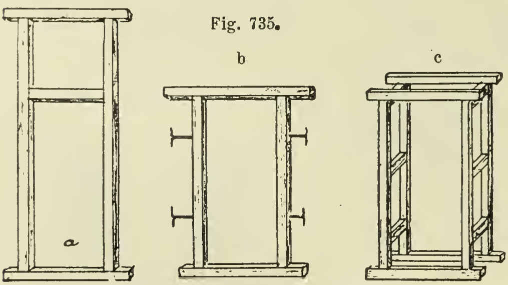
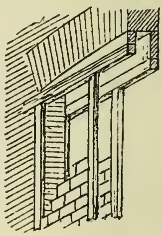


Fig. 735.

Fig. 737.



Fall bei Thüren zur Befestigung des Futters eine Ueberlegbohle. Für Schulen, Kasernen und dergl. Gebäude, in denen die Thüren oft mit Heftigkeit zugeworfen werden, ist ein vollständiges Thürgerüst vorzuziehen. Ein Thürgerüst für Schiebethüren zeigt Fig. 737. Einer der oberen Riegel muss hierbei etwa 12 cm höher liegen, als der andere, damit der Rollengang zugänglich bleibt. Bei grösseren Schiebethüren ist der Ersatz dieser Hölzer durch eiserne Träger zu empfehlen. Die kleinen Stiele müssen dann mit Winkeln an denselben befestigt sein, und zum Anschlagen der Thür muss ein Bohlstück zwischen die beiden Flanschen eingebolzt werden. Zum Ersatz der Thürdübel, die sich infolge Schwindens des Holzes leicht lösen können, bedient man sich neuerdings vielfach auch der sogen. nagelbaren Steine*) oder der Spengler'schen Patentdübel**) bezw. Gewindedübel.***)

*) Deutsche Bauztg. 1901, S. 588 und 606.
**) Deutsche Bauztg. 1894, S. 279.
***) Deutsche Bauztg. 1896, S. 8.

d. Vereinfachungen für Bauten vorübergehender Art.

Handelt es sich um Bauten, welche nur für wenige Wochen oder Tage dienen sollen, so stellt man die Stiele nicht auf eine Schwelle, sondern gräbt sie etwa 0,8—1 m tief ein. In weichem Boden erhalten die Stiele eine untergenagelte Fussplatte. Bei der weiteren Konstruktion ist es von Vortheil, Zapfungen zu vermeiden. In dem Beispiel, Fig. 738 (Durchschnitt eines englischen Vieh-Ausstellungs-Schuppens), sind sämmtliche Verbindungen durch Bandeisen und Nägel hergestellt, wobei Ersteres so dünn genommen wird, dass es für die Nagelung nicht vorgebohrt zu werden braucht. Da diese Schuppen für Leinenbedachung eingerichtet werden

Fig. 738.

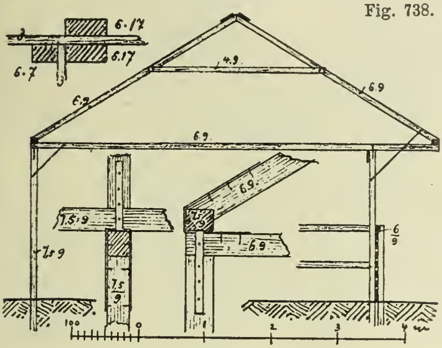


Fig. 739.

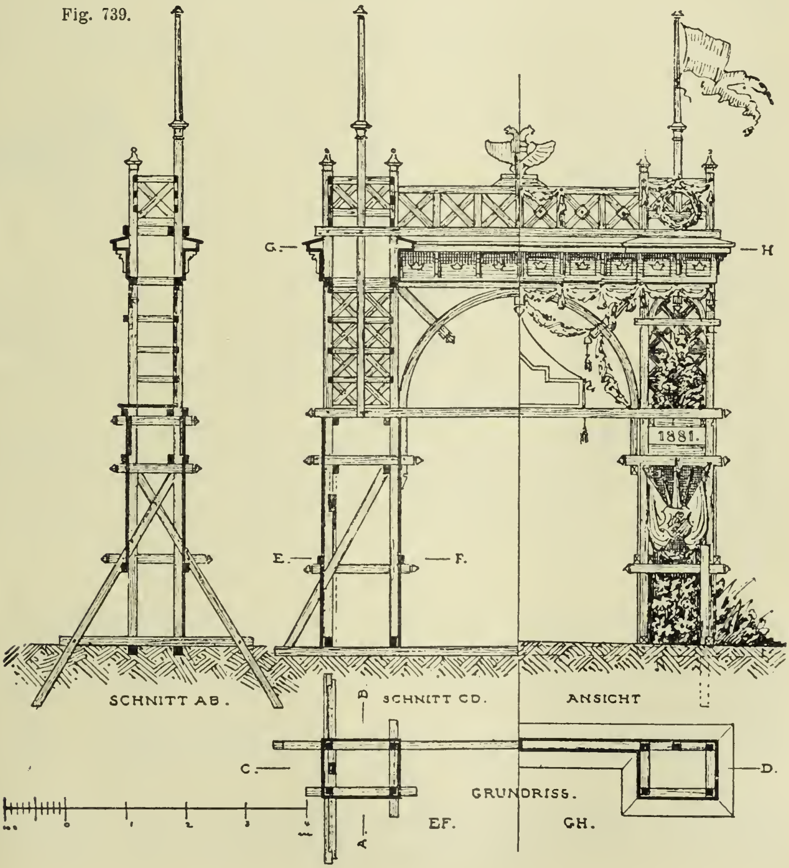
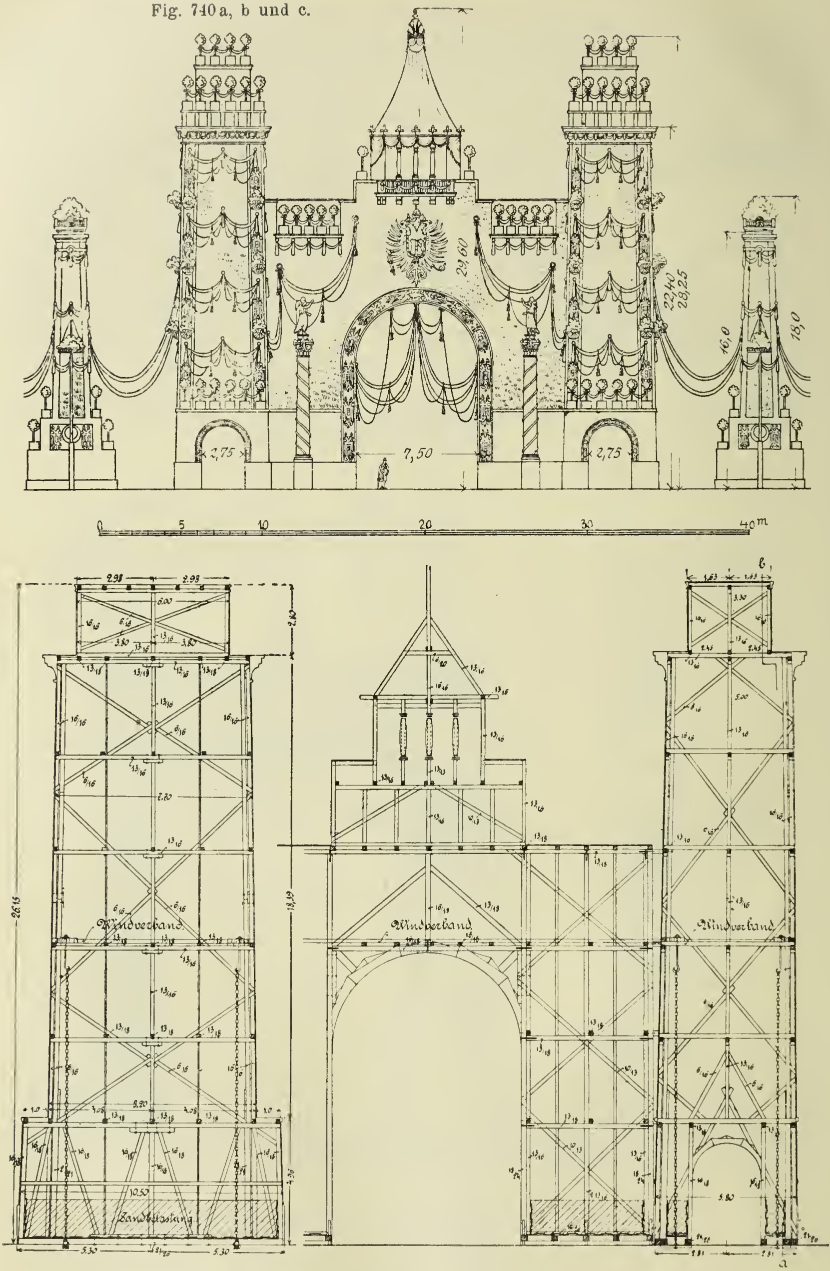


Fig. 740 a, b und c.



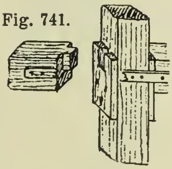
mussten, so waren Pfetten zu vermeiden; der Längsverband wurde daher durch Unternageln von Latten hergestellt. Die Entfernung der Stiele und Sparren beträgt 1,2—1,5 m. Das innen vernagelte obere Brett bildet den Längsverband.

Wichtig ist es, die Eintheilung gleich so zu treffen, dass die vorhandenen Brettlängen hinein passen und gar kein Verschneiden nöthig wird. Bei Bretterwand-Abtheilungen, wie sie z. B. bei Pferde-Ausstellungen nöthig sind, nagelt man nur eine Latte, und kann dann die einzelnen Bretter auch quer einschieben, ohne das eine Vernagelung nöthig wird. (Einzeldarstellung in Fig. 738 links oben.)

Eine weitere Art solcher Ausführungsweisen wird für Ehrenpforten und Triumphbögen nöthig. Fig. 739 zeigt einen solchen von mässigen Abmessungen und einfachen Formen in der Ansicht und mehreren Schnitten. Das Gerüst ist mittels eingegrabener Streben fest aufgestellt. Der Aufbau des oberen Theiles enthält nur schmückend wirkende Hölzer, deren Verband in einfachster Weise hauptsächlich durch Nägel und Bandeisen hergestellt werden kann.

Ein interessantes, bedeutendes und gut durchkonstruirtes Beispiel ist in Fig. 740a—c wiedergegeben. Es ist dies der grosse Triumphbogen von der Festausschmückung am Pariser Platz in Berlin gelegentlich des Empfanges des Kaisers von Oesterreich im Mai 1900.*) Da die Arbeit möglichst rasch vor sich gehen, das theure endgiltige Pflaster geschont werden sollte und da ausserdem auch im Strassendamm vorhandene grosse Rohrleitungen ein genügend tiefes Einrammen oder Eingraben von Pfosten nicht gestattet hätten, ist der grosse Aufbau (rd. 29 m Länge und 10,6 m unterer Breite, bei über 25 m Höhe der Konstruktion) flach mit Schwellen auf das Pflaster gesetzt und mit einem Fussboden versehen, der das Einbringen einer etwa 1,5 m hohen Sandbelastung gestattete. Dieser belastete Boden ist am oberen Theile der Konstruktion, vergl. Fig. a u. b, mit Ketten aufgehängt. In Höhe dieser Aufhängung ist ein starker wagrechter Windverband eingelegt. Auch sonst ist für sichere Dreiecksaussteifung gesorgt. Der Winddruck ist mit 100 kg/qm angesetzt. Die Sicherheit gegen Kippen ist eine zweifache. Fig. c giebt ein Bild des fertig geschmückten Aufbaues, dessen grosse Flächen mit Tannenreisig bedeckt sind, das auf Drahtgeflecht fertig aufgebracht angeliefert und dann rasch auf der Schalung befestigt wurde; nur bei den in Fig. 740c seitlich anschliessenden Obelisken, die bei 16 m Höhe der Konstruktion im Unterbau nicht genügend breit sind, um durch Sandbelastung allein die nöthige Standsicherheit gegen Kippen zu erzielen, sind je zwei Pfähle eingerammt, mit welchen der Aufbau verbolzt werden konnte. Die Schalung der Konstruktion ist durchweg schräg zu den Pfosten gerichtet, um auch hierdurch eine weitere Versteifung zu erzielen.

Fig. 741.



Bei Gebäuden, welche längere Zeit, etwa ein halbes Jahr oder darüber, erhalten bleiben, genügen derartige Konstruktionen im allgemeinen nicht, sondern es muss das verwendete Holz regelrecht „abgebunden“ werden. Das Material möglichst ohne Verschnitt zu verwenden, ist auch hier der Grundsatz, auf dessen Festhaltung die Billigkeit der Herstellung beruht. Eine kleine Ersparung kann dadurch erzielt werden, dass man die Riegelzapfen nicht in die Stiele locht, sondern auf angenagelte Brettstücke legt, Fig. 741. Die Sicherung gegen Längsverschiebung muss durch beiderseits aufgenageltes Bandeisen geschaffen werden.

III. Balkenlagen.

Die Balkenlagen vermitteln den wagrechten Abschluss der einzelnen Geschosse. Die oberste Balkenlage dient in den meisten Fällen ausserdem zur Unterstützung des Daches und heisst Dachbalkenlage. Innerhalb des Dachraumes kommen ferner noch Kehlbalkenlagen vor. Die vollständige Zeichnung einer Balkenlage heisst Werksatz, die Gesammtheit der auf einem Zimmerplatz nach ihrer späteren Bestimmung verlegten Hölzer Zulage.

Ihr äusseres Auflager finden die Balken auf den Wänden. Bei Fachwerkwänden werden sie stets auf den Rahmenhölzern verkämmt, während sie bei Mauern entweder auf Mauerlatten oder auf einzelnen Holzklötzen, oder auf Kragsteinen (Konsolen) ruhen. Die Verwendung von Mauerlatten vereinfacht das Verlegen

*) Vergl. Centralblatt der Bauverwalt. 1900, S. 248. (Ausgeführt durch das städt. Hochbauamt.)

der Balken. Da sie aber den Nachtheil mit sich bringt, dass die ganz von Mauerwerk umschlossenen Mauerlatten leicht anfaulen, so werden letztere gegenwärtig nur noch selten angewendet, vorzugsweise bei Dachbalkenlagen, zumal wenn hier ein Mauerabsatz vorhanden ist. Fig. 742a zeigt die Verkämmung eines Balkens mit einer Mauerlatte; die Stärke derselben ist $^{10}/_{10}$ cm bis $^{12}/_{12}$ cm. Wenn die Mauer ihren Abschluss mit einem Holzgesims findet, so verwendet man mit Vortheil zwei Mauerlatten, welche dann schwellenartig frei verlegt werden können, Fig. 742b. Vielfach wird aber das Balkenauflager nur durch Mauerklötze hergestellt, da diese billiger und dauerhafter sind, als Mauerlatten. Man nimmt zu denselben, ebenso wie zu Mauerlatten, Eichenholz und macht sie nicht unter $^{7}/_{10}$ cm stark und 30 cm lang. Bei Scheidemauern, sofern diese nicht Fachwerkwände sind, werden die Balken unmittelbar auf die Mauern aufgelagert. Den Abschnitt der Balken gestaltet man in Amerika schräg, Fig. 743; dies soll bezwecken, dass der bei einem Brande herabstürzende Balken nicht den Einsturz der Mauer oberhalb der Balkenlage veranlasst. Die Anwendung von Kragsteinen zum Balkenauflager ist zunächst, Fig. 744a, ein Hilfsmittel, um die freie Spannweite bei grossen, frei tragenden Decken etwas zu verringern; häufig wird über den Konsolen noch eine Mauerlatte angeordnet. Ausserdem bedient man sich der Kragstein-Konsolen für die Balkenlagen in Thürmen und solchen Gebäuden, in welchen die Balken nicht zur Verankerung der Mauern beitragen sollen, sondern, wie Fig. 744b zeigt, erst nach Vollendung des Ganzen eingebracht und lose verlegt werden.

Fig. 742.

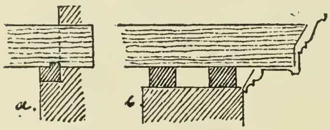


Fig. 743.

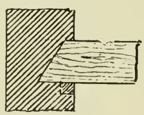


Fig. 744.

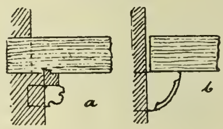


Fig. 745.

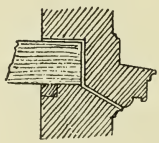
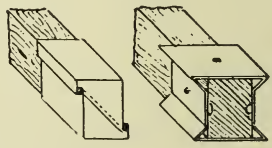


Fig. 746.



Ein Gleiches kann bei Auswechselung von Balkenlagen in bestehenden Häusern nothwendig sein.

Wo die Balkenköpfe von Mauerwerk umgeben werden, ist Schutz vor dem Anfaulen eine Hauptsorge. Theeren und Verkohlen der Balkenköpfe hat keinen Erfolg. Besser ummauert man die Balken ohne Mörtel, u. Umst. mit Lehm, und legt unter und über dieselben ein nach jeder Seite etwa 20 cm überstehendes Stück Dachpappe oder Asphaltpapier. Auch kann man die Balken trocken mit Schieferplatten umsetzen, oder in Verbindung bringen mit einer durchgehenden Luftschicht. Verwickeltere Konstruktionen mit Anordnung eines Wasserabflusses, Fig. 745, erfüllen gewöhnlich nur unsicher den beabsichtigten Zweck und man thut daher besser, sich geschlossener Blechhülsen für die Ummantelung der Balkenköpfe zu bedienen. Fig. 746 zeigt zwei derartige Eisenblech-Kasten, einen in der Ansicht und einen im Schnitt. Bei Letzterem führen die kleinen Eckkanäle die Luft jederzeit bis ganz an das Ende des Balkenkopfes. Von Wichtigkeit ist es, der Aussenluft an irgend welchen Stellen den Zutritt zu den Räumen zwischen den Balken offen zu lassen. Es dienen hierzu kleine Gitter in den Mauern, oder auch Oeffnungen in den Fussleisten.

Die Lage der Balken richtet sich nach der inneren Theilung des Gebäudes und bestimmt sich gewöhnlich dadurch, dass man grössere Räume nach ihrer kleineren Längenausdehnung zu überdecken sucht. Die Balken liegen hiernach entweder parallel zur Frontwand, oder rechtwinklig zu derselben. In schiefwinkligen Gebäuden legt man die Balken rechtwinklig zu einer Seite.

Der Balkenabstand ist in verschiedenen Gegenden sehr wechselnd. Die sogen. Dübel- (oder Dippel-) Balkenlage, welche aus unmittelbar zusammen ge-

rückten Balken gebildet wird, die unter sich durch Dübel verbunden sind (s. Fig. 687, S. 236), kommen in Deutschland nur selten vor; hingegen sind dieselben in Oesterreich und Ungarn für die Dachbalkenlage vorgeschrieben und dienen hier auch zur Aufnahme eines massiven Fussbodens. Auflager und Auswechselung der Dübel-Balkenlagen sind immer mit einigen Schwierigkeiten verbunden und da die Dachkonstruktion auf besonderen Binderschwellen ruht, ist die Benutzung des Bodenraumes wie Fig. 747 zeigt, durch die Binderbalken in hohem Grade behindert.

In Deutschland gilt im allgemeinen die Regel, dass bei Verwendung von Ganzhölzern die Balken in Wohnhäusern nicht weiter als 0,95 bis 1,05 m von Mitte zu Mitte liegen sollen. Bei Speichergebäuden oder anderweit zu erwartender besonderer Belastung rückt man die Balken indess auf 0,65 bis 0,75 m zusammen und in holzreichen Gegenden, wo oft sehr schwere Zwischendecken konstruirt werden, legt man sie mitunter auch bei Wohnhäusern nur um eine Balkenbreite auseinander. Sollen Halbhölzer oder Bohlenbalken verwendet werden, wie es in Holland, Belgien und Amerika meist der Fall ist, so müssen die Balken bei Wohnhäusern bis auf 0,40 bis 0,50 m zusammen rücken und es muss der Gefahr der seitlichen Ausbiegung durch sogen. Spannbohlen begegnet werden, die man, Fig. 748, zwischen den Bohlenbalken in Entfernungen von 2—3 m einkämmt. Zuweilen wird für diesen Zweck auch eine sogen. Kreuzstaakung, wie Fig. 750a zeigt, ausgeführt.

Fig. 747.

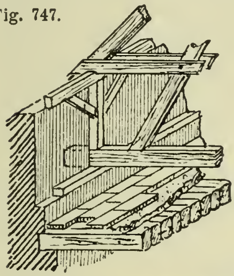


Fig. 748.

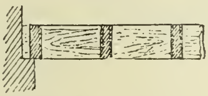
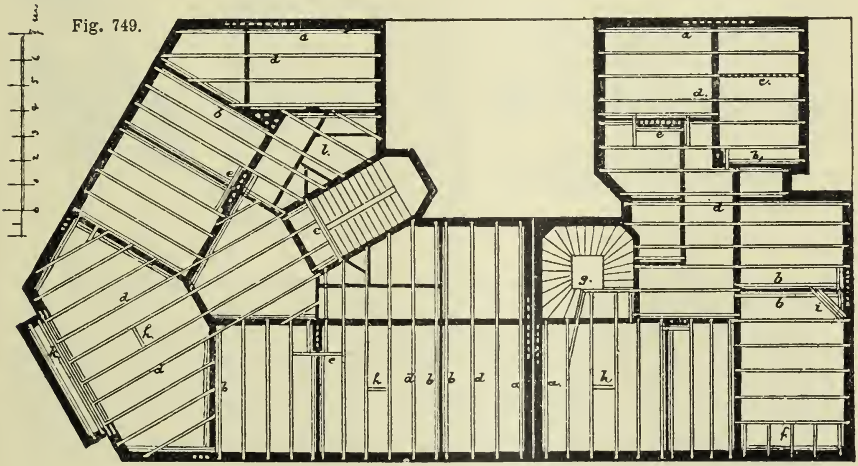


Fig. 749.



Die Anordnung einer grösseren Balkenlage zeigt Fig. 749. Man beginnt damit, dass man an den Giebelwänden die Giebelbalken *a*, und zu beiden Seiten der Scheidewände Streichbalken *b* anordnet. Mitunter werden diese Balken etwas schwächer gewählt, als die übrigen; doch ist hierzu nur in dem Falle zu rathen, wo etwa, wie bei *b*, die Theilung das nahe Zusammenliegen von zwei Balken ergiebt. Denn es ist zu bedenken, dass vermöge der Stellung der Möbel an den Wänden die grösste Last gerade auf den Streichbalken ruht. Dann legt man auf die mit dem nächst unteren Geschoss aufhörenden Wände Wandbalken und auf die Fachwerkwände, die mit der Richtung der Balken parallel sind, zur Aufnahme der Verzapfungen Bundbalken *c*. Die nunmehr verbleibenden Zwischenräume werden nach der üblichen Balkenweite (wofür in der Fig. 749 0,95 bis 1,05 m

angenommen sind) eingetheilt. Die für die Verankerung vorzusehenden Balken sind in der Figur mit *d* bezeichnet; dieselben müssen ungetheilte Längen besitzen. Zwischen den Ankerbalken können u. Umst. einige Balken aus kürzeren Hölzern auf den stärkeren Scheidewänden gestossen werden. Bei den Treppen und vor den Schornsteinen müssen die Balken, wie bei *e* gezeigt ist, „ausgewechselt" werden; die eingezapften Balken heissen Wechselbalken oder Wechsel.

Findet eine Auswechselung etwa für Aufnahme der Dachkonstruktion auf der ganzen Länge eines Balkens statt, wie bei *f* in der Figur, so nennt man die kurzen Balken Stichbalken. In dieselben müssen an der Wand, ebenso wie bei den schräg zu den Wänden liegenden Balken, kleine Wechsel eingezogen werden, um Fussboden und Deckenschalung befestigen zu können. Für Walmdächer sind an den Ecken und in den Winkeln ausserdem Grat- bezw. Kehlstich-Balken erforderlich und die Theilung der Dachbalkenlage wird auch dadurch oft von der der übrigen abweichend, dass unter den Hauptbindern Binderbalken angeordnet werden müssen, die stets durch die ganze Tiefe des Gebäudes reichen sollen. Eine Auswechselung nach Art derjenigen bei *g* nennt man „schwebende Ecke"; bei geringen Geschosshöhen ist dieselbe mitunter schwer zu vermeiden. Die Konstruktion muss stets vorsichtig ausgeführt werden; bei den Wechseln ist Hinterbelastung zu berücksichtigen. Ergiebt die Theilung keinen Balken in der Mitte eines Zimmers, so schaltet man gern auch hier einen kleinen Wechsel *h* zur Aufnahme eines Kronleuchters ein, und soll ein besonders schwerer Ofen gesetzt werden, so kann man, um denselben von den Erschütterungen der übrigen

Fig. 750a, b u. c.

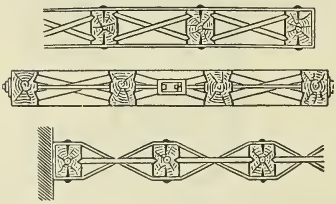


Fig. 751.

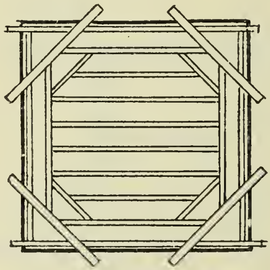
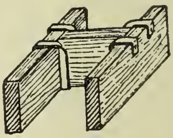


Fig. 752.



Balken durch Tanz usw. zu isoliren, auch hier einen Wechsel einlegen und den Ofen auf besondere Balken, wie bei *i*, stellen. Im übrigen sollen die Auswechselungen nach Möglichkeit eingeschränkt werden, da die Wechselbalken nur auf Brustzapfen ruhen und die durchgehenden Balken durch die Verlochung geschwächt werden. Bei Vorbauten, die in den oberen Geschossen erkerartig heraus gekragt sind, dürfen die Balken keine Last auf die Aussenwand übertragen, sondern sind in jedem Geschoss von neuem mittels Wechsel oder durch Träger, wie bei *k*, besonders abzufangen. Die Anker dieser Balken reichen über die kleinen Erkerbalken hinweg in das Mauerwerk hinein.

Nimmt man bei dieser Balkenlage die gewöhnliche Belastung durch Hausgeräth und Menschen an (s. S. 30—32), so ergiebt sich die Balkenstärke aus der grössten Spannweite von rd. 5 ^{m} erfahrungsgemäss mit $^{17}/_{24}$ ^{cm} als genügend. Einen guten Anhalt für die Bestimmung der Balkenstärken gewährt die Regel, dass die halbe grösste Zimmertiefe in Decimetern, die Balkenhöhe in Centimetern ergiebt, wobei ein Verhältniss der Balkenhöhe zur Breite von 5:7 vorausgesetzt ist. Bei grösseren Spannweiten ist die Tragfähigkeit der Deckenbalken durch statische Berechnung nachzuweisen (in Berlin von 6 ^{m} an).

Ueberschreitet die grösste Spannweite 6 ^{m}, so ist es zweckmässig, zwischen die Balken eine Verstrebung einzufügen, welche die zufällige Belastung auf die nebenliegenden Balken übertragen helfen soll. Die hierfür üblichen Konstruktionen sind in Fig. 750 dargestellt. Bei *a* ist die Kreuzstaakung gezeigt, welche aus Latten besteht, die entweder in Abständen von 2 ^{m} oder (zugleich als Zwischen-

decke mit Strohlehm-Bewickelung) dicht an einander zwischen die Balken getrieben werden. Durch das Schwinden der Hölzer wird die Spannung später oft wieder aufgehoben, und wenn die Balken zugänglich bleiben können, ist deshalb die Ausführung einer Verschraubung (wie *b* zeigt) anzurathen, weil dann jederzeit durch Nachschrauben die Spannung wieder hergestellt werden kann. In England ordnet man statt der Kreuzstaakung nach Fig. 750c eiserne Bänder an, die mit den Balken vernagelt werden; das Schwinden ist hierbei einflusslos.

Wächst die Spannweite auf mehr als 6 m, so bietet die Auskragung der Auflager, Fig. 744, ein Mittel, dieselbe etwas einzuschränken. Für quadratische oder vieleckige Räume lässt sich durch die sogen. Diagonal-Balkenlage, Fig. 751, sogar ein Raum bis zu 9 m überdecken, indem man die Balken alle auf schräg gelegten stärkeren Eckbalken ruhen lässt. Das Verlegen solcher Balkenlagen ist indessen mit vielen Schwierigkeiten verknüpft, und da auch fast alle Balken nur auf Zapfen ruhen, kann dieselbe nicht empfohlen werden. Wünscht man sie dennoch anzuwenden, so wäre jedenfalls eine Sicherung der Wechsel durch Eisen, wie dies in Amerika üblich und in Fig. 752 gezeigt ist, rathsam.

Zur Ueberdeckung aller Räume, deren geringste Breite 6,5—7 m überschreitet, sind Hilfskonstruktionen erforderlich. Da aber auch schon innerhalb der

Fig. 755.

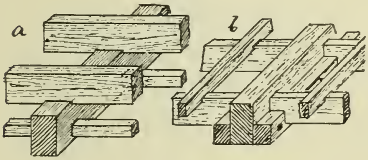


Fig. 753.

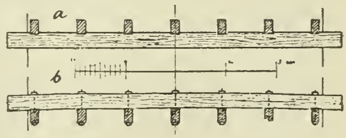


Fig. 754

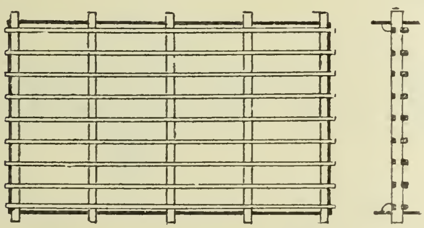
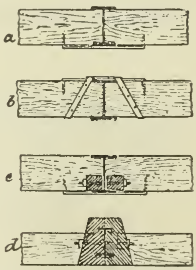


Fig. 756.



Grenzen dieser Spannweite eine grosse Menge sehr starker und langer Hölzer erforderlich ist, so wird es oft vorzuziehen sein, die Balken aus schwächerem Holz der Längsrichtung des Raumes nach anzuordnen und sie in gewissen Abständen durch Unterzüge oder Träger zu unterstützen. Fig. 753 zeigt bei *a* einen Unterzug, bei *b* einen Träger, auch Ueberzug genannt; aus leicht erkennbaren Gründen wird in der Regel der Unterzug Anwendung finden. Der Raum, Fig. 754, hat Abmessungen von 7,5 zu 12,6 m; die Unterzüge tragen die Balken in Abständen von 3 m und letztere können daher aus sehr schwachem Holz gefertigt werden. Wenn durch die Unterzüge keine Unterbrechnng der Deckenfläche herbeigeführt werden darf, kann man, wie in dem Profil und in Fig. 755a in grösserem Maasstabe gezeigt ist, zur Aufnahme der Deckenschalung Rähmlinge in dieselbe einzapfen. Man bezeichnet diese Anordnung als doppelte englische Balkenlage. Sie hat den Nachtheil der vielfachen Verlochung der Unterzüge, welche vermieden wird, wenn man nach Art der französischen Balkenlage, Fig. 755b, an die Unterzüge seitlich kleine Hölzer bolzt und Zwischentramen anordnet, welche unterwärts die Deckenschalung und oberhalb die, bei dieser Ausführung schwächer zu wählenden, Balken aufnimmt. Auch der Höhenverlust an der Konstruktion wird in diesem Fall ein geringerer sein. In Deutschland werden gegenwärtig statt der hölzernen gewöhnlich eiserne Unterzüge als Träger

angewendet; die Balken liegen dann häufig zwischen den Trägern. Will man sich hierbei für die Befestigung nicht mit einer einfachen Klammer, Fig. 756a, begnügen, so kann man die Balken nach b mit einem oben überkreuzten eisernen Bande vernageln; oder man verbolzt nach c kleine Lagerhölzer mit dem Träger, in welche die Balken eingekämmt werden. Die Anordnung d ist vielfach in Frankreich üblich, bietet aber keine dem grösseren Arbeits- und Materialaufwand entsprechende Vortheile.

Abweichend von den beschriebenen Balkenlagen in Wohnhäusern müssen solche in Speichern und Magazinen konstruirt werden, von denen aussergewöhnliche Lasten aufzunehmen sind. Die freien Längen der (auf alle Fälle durch Rechnung zu bestimmenden) Balken nimmt man nicht über 3,5—4,5 m, indem man innerhalb dieser Abstände Unterzüge anordnet, welche durch Stiele unterstützt werden. Bei der Anordnung der Letzteren ist es unbedingt nothwendig, durch alle Geschosse Hirnholz auf Hirnholz zu stellen. Am zweckmässigsten wird dies erreicht, wenn man die Stiele aus verdoppeltem Holze herstellt (Fig. 674 b u. c, S. 234) und die Unterzüge mitten hindurch führt. Fig. 757 zeigt diese Anordnung im Grundriss. Die ersten beiden Balken liegen dicht an den Doppelstielen, und es erhalten zur Sicherung des Längsverbandes die Unterzüge Kopfbänder, Fig. 758. Macht die

Fig. 757.

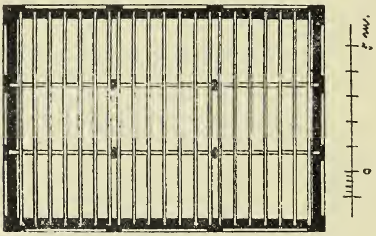


Fig. 759.

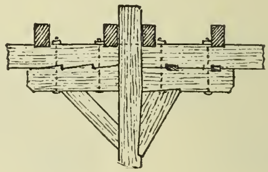


Fig. 758.

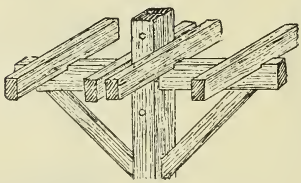
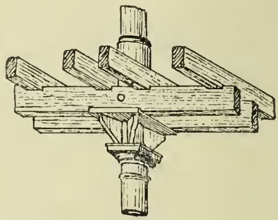


Fig. 760.



Theilung eine etwas vergrösserte Spannweite der Unterzüge erwünscht, so ermöglicht man dieselbe durch sogen. Sattelhölzer, Fig. 759. Eine mehrfache Verbolzung, sowie Unterstützung durch Kopfbänder oder Knaggen muss in beiden Fällen hinzu treten. Von der freien Länge des Unterzuges können für die Berechnung beiderseits etwa $^2/_3$ der Länge des Sattelholzes in Abzug gebracht werden. Sind die Holzstiele durch eiserne Säulen ersetzt, so führt man, wenn die Säulen dünn, letztere durch den Unterzug hindurch; die hierdurch bewirkte Schwächung des Unterzugs wird durch Anbringung seitlicher eiserner Schienen wieder aufgehoben. Besser ist es indessen, und bei starken Säulen immer nothwendig, einen doppelten Unterzug anzuwenden, Fig. 760. Die Hölzer ruhen dann beiderseits auf einer Tragplatte der Säule. Sollen auch die Unterzüge durch eiserne Träger ersetzt werden, so ist eine ähnliche Anordnung von Doppelträgern empfehlenswerth; die Balken werden einfach platt auf dieselben verlegt, und nur die jedesmaligen zwei Balken neben den Säulen von etwas grösserer Höhe genommen und 1,5 bis 2 cm eingekämmt.

IV. Tragkonstruktionen.

Für Räume deren Grösse noch erheblicher ist, als bisher voraus gesetzt wurde, sind, wenn dieselben mit Balken überdeckt werden sollen, Hilfskonstruktionen erforderlich; als solche dienen vor allem die Sprenge- und Hängewerke.

Erstere bestehen, Fig. 761a, in ihrer einfachsten Form, die bis zu einer Spannweite von 7,5 bis 9 m angewendet werden darf, aus zwei Streben, welche die Mitte des Hauptbalkens und gleichzeitig einen daselbst angeordneten Unterzug stützen, der den übrigen Balken Auflager gewährt. Bei grösseren Räumen wird, nach b, in der Mitte ein Spannriegel eingefügt, und bei noch bedeutenderen Weiten kann man auch die Streben noch verdoppeln und mehrfach verdübelte Spannriegel verwenden, wie dies in derselben Figur bei c gezeigt ist. Die Streben müssen eine Mindestneigung von 25° gegen die Wagrechte erhalten (besser 30 bis 45°, aber nicht über 60°), und stützen sich mit ihrem Fuss gegen Mauervorsprünge, Mauerlatten, oder, wie in der Fig. 761, gegen senkrechte Brusthölzer. Die längeren Streben müssen dann gegen Ausknicken durch Zangen gesichert werden. Infolge des starken Schubes, den eine solche Konstruktion

Fig. 761 a, b u. c.

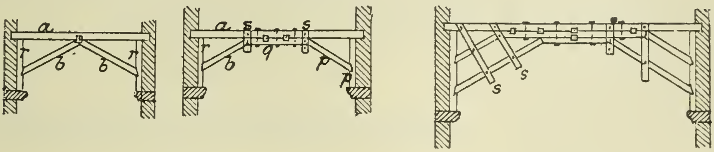


Fig. 762.

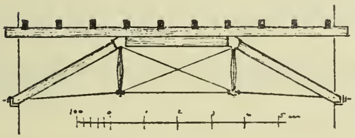


Fig. 763.

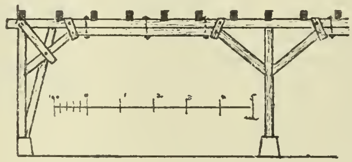


Fig. 764 a u. b.

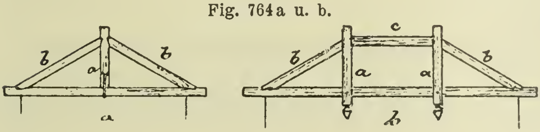
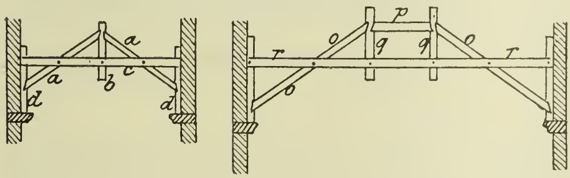


Fig. 765 a u. b.



auf die Mauern ausübt, kann sie im Hochbau nur selten Anwendung finden. Führt man das Sprengewerk indessen als Halbeisenkonstruktion aus, wie Fig. 762 zeigt, so ist dieser Uebelstand durch Verbindung der Strebenfüsse mittels Zugstangen leicht unschädlich gemacht, und es können ohne Nachtheil Spannweiten bis zu 10—12 m auf diese Weise überdeckt werden. Oft ist es auch, wie z. B. bei landwirthschaftlichen Bauten, möglich, durch steiler gestellte Streben den Schub auf den Sockel der Mauer zu übertragen, wonach ein Sprengewerk dann, wie Fig. 763 erkennen lässt, eine sehr zweckmässige Bauweise ergiebt.

Weit grössere Bedeutung wird für den Hochbau aber immerhin den Hängewerken beigelegt werden müssen, welche dadurch entstehen, dass oberhalb eines an seinen Enden unterstützten Balkens zwei Streben b aufgerichtet sind, die mittels der Hängesäule a die Last der Balkenmitte nach den Auflagerenden so übertragen, dass der Tragebalken selbst nur Zugspannung aufzunehmen hat. Die Strebenenden müssen in den Balken und die Hängesäulen mit Versatzung eingreifen und verbolzt werden, falls nicht eiserne Schuhe angewendet werden. Die Hängesäule wird oft durch Eisen ersetzt. Fig. 764a u. b zeigen das einfache und das doppelte Hängewerk. Das letztere enthält zwei Hängesäulen, zwischen

denen noch der Spannriegel c für die Konstruktion hinzutritt. An den Hängesäulen werden wiederum Unterzüge befestigt, welche den Zwischenbalken Auflager gewähren. Man kann auf diese Weise Räume von 7,5 bis 10 m mit dem einfachen, und bis zu 15 m mit dem doppelten Hängewerk überdecken.

Im einzelnen lassen sich Hängewerke sehr verschieden gestalten, desgl. zum Schmuck ausbilden und auch, wie Fig. 765 zeigt, als zusammengesetzte Hänge- und Sprengewerke anordnen, sofern der Raum für die Konstruktionshöhe theils unter- und theils oberhalb des Tragbalkens inanspruch genommen werden darf. In letzterem Falle nimmt der Hauptbalken die Gestalt einer doppelten Bohlenzange an, mit der die übrigen Hölzer durch starke Schraubenbolzen verbunden sind.

In wie mannichfaltiger Weise die Eisenverbindungen zwischen den Streben, Spannriegeln, Hängesäulen und Tragbalken angeordnet werden können, ist schon beim Abschnitt von den Verbänden erörtert und Fig. 695—706, S. 238 dargestellt. Weitere Anwendungsbeispiele von grösseren Hänge- und Sprengewerken sind im nächsten Abschnitt bei den Dachkonstruktionen zahlreich gegeben.

Fig. 766 a, b u. c.

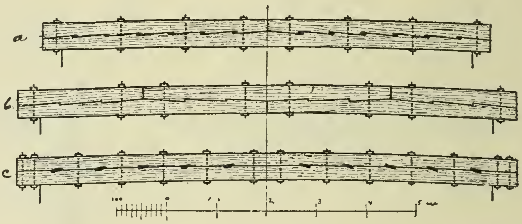
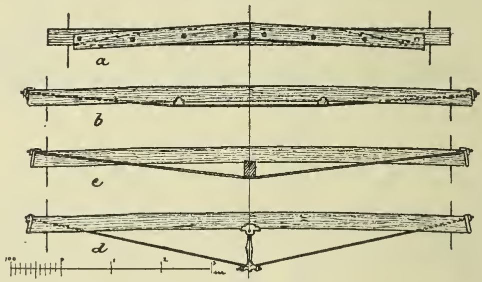


Fig. 767 a—d.



Falls der Raum weder unter noch über der zu schliessenden Balkendecke für die Konstruktion inanspruch genommen werden kann, wird man heutzutage fast stets Trageeinrichtungen aus Eisen zuhilfe nehmen, sodass die in früherer Zeit hierfür gebräuchlichen Holzkonstruktionen, abgesehen von ihrer Verwendung bei vorübergehenden Bauten, fast nur noch geschichtlichen Werth besitzen. Dieselben sollen daher an dieser Stelle nur kurz erwähnt werden.

Es lassen sich zunächst die Unterzüge in verschiedener Weise für grössere Spannweiten tragfähig machen. Fig. 766 stellt die durch Verdoppelung derselben gewonnenen verzahnten und verdübelten Träger dar. Erstere bestehen, *a* und *b*, aus drei oder fünf Stücken, letztere *c*, noch aus zwei Stücken. Die Verzahnungen können entweder genau zusammengeschnitten werden, wie bei *b*, oder werden mittels Verkeilung zusammen getrieben, wie bei *a* gezeigt ist. Die Trägerhöhe beträgt $1/_{15}$—$1/_{12}$ der Spannweite und die Zahnhöhe $1/_{10}$—$1/_{8}$ der Trägerhöhe. Ein Schnurschlag über die Spitzen der Zähne ergiebt für das untere Holz in der Mitte sechs Theile, und an den Enden fünf Theile der ganzen Trägerhöhe. Die Zahnlänge soll nicht über 1 m betragen. Starke Bolzen halten beide Hölzer zwischen jedem zweiten oder dritten Zahn zusammen, und es sind bis zu deren vollendeter Befestigung während der Zurichtung der Träger diese in der Mitte zu unterstützen und an den Enden zu belasten, so dass eine Sprengung von etwa $1/_{60}$ der Trägerlänge entsteht. Die verdübelten Träger sind einfacher in der Bearbeitung, da in beide Hölzer nur gleichmässige schräge, oder auch wagrechte, Ausschnitte gemacht zu werden brauchen. In diese werden Keile aus trockenem Eichenholz, und zwar zweckmässig so, dass Hirnholz gegen Hirnholz tritt, 17 bis 20 cm breit genau zugeschnitten, von jeder Seite eingetrieben. Verbolzung und Sprengung wie bei den verzahnten Trägern. Bei der Berechnung der Tragfähigkeit der verdübelten Balken, die von den drei gezeichneten Kon-

struktionen am häufigsten in Anwendung stehen, darf natürlich nicht das Widerstandsmoment des vollen Balkens von der doppelten Höhe inbetracht gezogen werden, sondern nur etwa 60% davon.

Andere Hilfsmittel zur Ueberdeckung grösserer Räume bieten armirte Balken, Fig. 767. Die Bohlen bei *a* werden mit flacher Verzahnung angeblattet; bei *b* sind Eisenstangen zwischen zwei nahe an einander gerückte Balken gelegt; bei *c* sind die Eisenstangen verdoppelt und zu jeder Seite des Balkens so angebracht, dass sie ein untergelegtes Holz umfassen. Auch wendet man wie bei *d* eine eiserne Druckstrebe an, und kann dann die Balkenenden zur Aufnahme der Stangen verbohren. Die Balken werden etwas gesprengt. Die Endverschraubung wird zweckmässig durch einen Eisenbeschlag oder einen kleinen Eisenschuh gesichert. Bei der Berechnung verfährt man (angenähert) zweckmässig so, dass man zunächst feststellt, wieviel der gewählte Balkenquerschnitt bei der üblichen zulässigen Beanspruchung tragen kann. Der Rest der Last ist dann von der Armirung aufzunehmen.

Fig. 768.

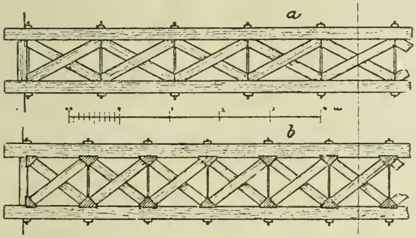
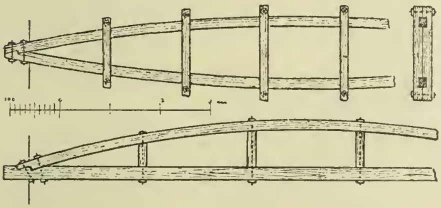


Fig. 769.

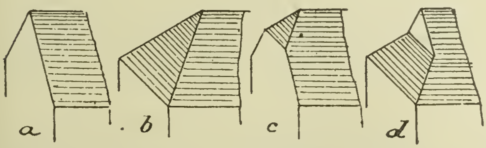


Grösserer Konstruktionshöhen als die bis jetzt beschriebenen Träger bedürfen die in Fig. 768 dargestellten Gitter- oder Fachwerkträger, die im Hochbau fast nur noch bei Ausführungen vorübergehender Art Anwendung finden und hier auch nur, weil sie die Nutzbarmachung einer grossen Anzahl kurzer Holzabschnitte gestatten. Die Anordnung Fig. 768b ist der bei a vorzuziehen, weil bei ersterer die jedesmalige Ueberblattung und dadurch herbeigeführte Schwächung der Gitterhölzer fortfällt und die Herstellung auch weniger Arbeit erfordert. Endlich ist in Fig. 769 noch ein linsenförmiger und ein Fischbauchträger in Holzkonstruktion dargestellt. Ersterer wurde früher (zuerst von Laves) aus einem in der Mitte aufgetrennten Holz gewonnen, das an den Enden durch umgelegte eiserne Bänder vor dem Aufspalten gesichert war; heute setzt man auch diese Träger aus zwei einzelnen Holzstücken zusammen.

V. Dächer.

Dächer haben theils konstruktive, theils schönheitliche, theils gesundheitliche Anforderungen zu erfüllen. Form und Art der Dächer sind deshalb sehr mannichfaltig: Je nach der Neigung unterscheidet man flache und steile Dächer, und je nach der Form, Dächer mit geraden, gebrochenen, gebogenen oder anderweiten, durch besondere Grundrissbildung herbei geführten Gestaltungen der Dachflächen.

Fig. 770.



a. Satteldächer.

Die Hauptgruppe der Dächer bilden die Satteldächer, Fig. 770a. Wenn die Trauflinie um die Giebelseiten herum geführt wird, wie bei b, so entsteht das abgewalmte Satteldach. Eine theilweise Abwalmung der Giebelfläche, wie bei c und d gezeigt ist, heisst Krüppelwalm. Die Bestimmung der zu wählenden

Dachanordnung im Grundriss heisst Dachausmittelung. Dieselbe besteht für einen rechteckigen Grundriss nur im Aufsuchen der Firstlinie, welche parallel zu den Trauflinien ist, und bei gleicher Neigung beider Dachflächen mit der Mittellinie zusammenfällt. Die Gratlinien für ein abgewalmtes Dach bestimmen sich unter derselben Voraussetzung als die Halbirungslinien der Winkel des Grundrisses. Hat das Gebäude aber Vor- und Rücksprünge, so tritt zwischen letzteren eine dritte Art von Schnittlinien auf, welche Kehllinien genannt werden. Fig. 771a zeigt bei *c* drei mal eine Kehle oder Wiederkehr. Die kleineren Kehlen *d* hinter Schornsteinen, Erkern usw. nennt man gewöhnlich Schottrinnen. Für die Ausmittelung verlängert man, wie die Abbildung punktirt andeutet, die Trauflinien derjenigen Flächen, welche sich schneiden, bis zur gegenüber liegenden Begrenzung und halbirt den dann entstehenden Winkel. Unterbricht ein kleines Stück Gratlinie den First — bei Verringerung der Gebäudetiefe — so entsteht eine Verfallung, wie bei *e* angegeben ist. Da dieselbe den Dachverband stört und gewöhnlich unschön aussieht, so ist ihre Vermeidung schon bei Gestaltung des Grundrisses vorzusehen. Oft erreicht man dies leicht durch Höherlegung eines Theils der Trauflinie und Abänderung der Dachneigung, wie in Abb. 771b gezeigt ist.

Fig. 771.

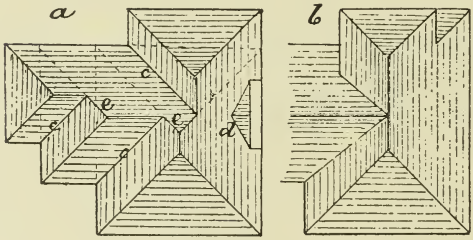


Fig. 773.

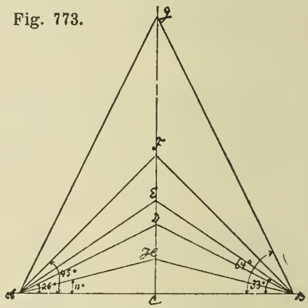
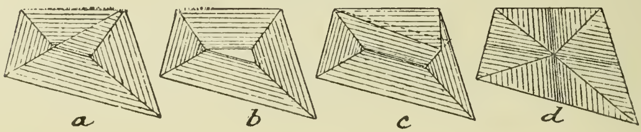


Fig. 772.



Ist der Grundriss schiefwinklig, so gilt bei der Ausmittelung die Regel, dass der First stets wagrecht bleiben muss, und man legt denselben deshalb parallel zu einer Front, etwa der Hauptfront. An der Hinterseite entsteht alsdann eine windschiefe Dachfläche und die Gratlinien an den beiden Abwalmungen müssen krumme Linien werden. Diesen Uebelstand vermeidet man, indem man z. B. nach Fig. 772a in die Hinterfläche eine Kehle einfügt, oder, wie bei *b* am First ein Plateau zwischen die sich schneidenden Dachflächen legt. Eine ähnliche Lösung ist unter *c* angegeben. Ganz regelmässige Dachflächen erhält man, indem vier verschiedene Dachneigungen angewendet und, wie bei *d* gezeigt ist, alle Fronten als Giebel ausgebildet werden. Oft können Schwierigkeiten, wie die hier inrede stehenden auch durch Anwendung ganz flacher Dächer umgangen werden.

Nächst der Ausmittelung muss die geeignetste Dachneigung bestimmt werden. Dieselbe wird gewöhnlich unter Zugrundelegung der Form eines Satteldaches nach dem Verhältniss der Höhe zu der Grundlinie ausgedrückt. Man bezeichnet daher, Fig. 773, die Dächer mit der Höhe *CD* und *CE* als Viertel-, bezw. Dritteldächer, weil diese Höhen $^1/_4$, bezw. $^1/_3$ der Grundlinie *AB* betragen.

Ist die Höhe CF gleich der halben Grundlinie, so entsteht am First ein rechter Winkel, und man nennt das Dach ein Winkeldach. Ist die Höhe, wie bei CG gleich der Grundlinie oder noch grösser, so erhält man ein gothisches Dach. Flache Dächer, deren Höhe nur $^1/_8$, wie bei CH, oder noch weniger beträgt, nennt man italienische Dächer.

Ausser durch ästhetische Rücksichten ist die Dachneigung durch die Art des Deckmaterials bedingt. Die nachfolgende Tabelle ist etwa maassgebend für die geringste (bezw. auch grösste) Neigung, welche die verschiedenen Deckmaterialen zulassen, und zugleich für die durch das Gewicht des Deckmaterials erfahrungsgemäss bestimmte Sparren-Entfernung. Dieses Gewicht der Deckung ist einschliesslich des Gewichts der Schalung bezw. Lattung verstanden. (Vergl. auch Hauptabschnitt II, Seite 198.)

Es erfordern:

	Höhen-verhältniss	Neigung (Rösche)	Sparren-entfernung	Gewicht für 1 qm
Rohr- und Strohdächer	$^1/_2$—$^2/_3$	45—53°	2,25—2,40 m	60—70 kg
Spliessdächer	nicht unter $^1/_2$	45°	1,10 m	100 kg
Doppel- und Pfannendächer . .	$^1/_3$—$^1/_2$	33—45°	0,90—0,95 m	110—115 kg
Ritter- oder Kronendächer . . .	$^1/_3$	33°	0,85—0,90 m	120—130 kg
Schieferdächer	$^1/_4$—$^1/_3$	27—33°	0,90—1,0 m	60—70 kg
Pappdächer.	$^1/_8$—$^1/_6$	14—18°	0,90—1,0 m	30—32 kg
Zink- und Kupferdächer . . .	$^1/_{20}$—$^1/_{10}$	5—11°	0,90—1,0 m	35—40 kg
Asphaltdächer	nicht unter $^1/_{10}$	11°	0,80—0,90 m	32 kg
Holzzementdächer	$^1/_{25}$—$^1/_{20}$	4—5°	0,70—0,80 m	200 kg

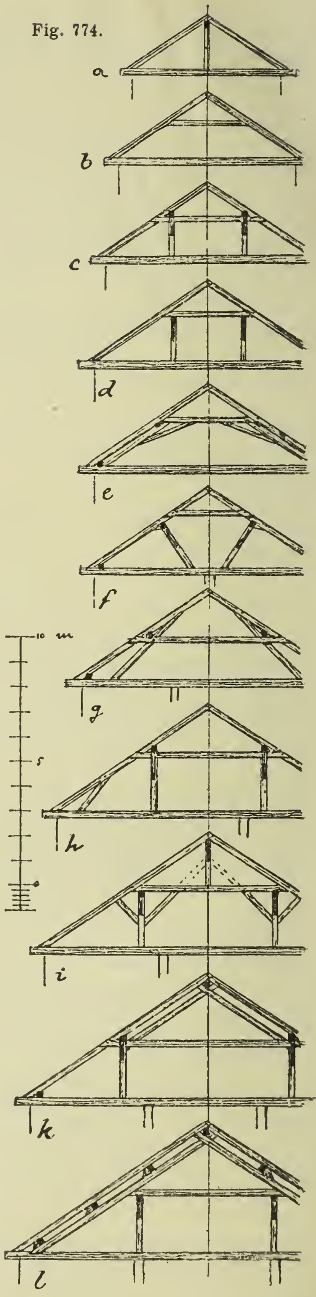
α. Satteldächer mit geraden Dachflächen.

Die Konstruktion eines Daches ist, abgesehen von den unten zu erwähnenden Einschränkungen am einfachsten, wenn dasselbe unmittelbar auf eine entsprechend unterstützte Balkenlage gestellt wird. Die Balken müssen in diesem Fall nach der Sparrenlage eingetheilt sein, und jeder Sparren erhält in seinem Anfallspunkt eine Verzapfung in einen Balken. Zwei gegenüberstehende Sparren bilden ein Sparrengebinde und erhalten am First einen Scherenzapfen oder werden zusammen geblattet (Fig. 683, S. 236). Fig. 774 zeigt dem entsprechende Konstruktionen für verschiedene Spannweiten. Es ward davon ausgegangen, dass Sparren von gewöhnlicher Stärke, 10/13 cm bis 12/16 cm, nicht weiter als 4—5 m frei tragen sollen. Sind die Sparren nicht länger, so kann man das Dach ohne Hilfskonstruktionen richten und den Längsverband durch auf der Innenseite diagonal angenagelte Latten herstellen. Besser ist es jedoch Fig. 774a, eine Firstpfette anzuordnen, welche in Abständen von etwa 5 m durch Stiele unterstützt ist, die, mit Kopfbändern versehen, einen Dreiecksverband herstellen. Werden die Sparren länger, so fügt man, Fig. b, einen Kehlbalken ein. Bei noch grösserer Spannweite werden sogen. Bindergespärre oder Lehrgebinde, besonders unterstützte Gebinde, die mittels Längsverband die übrigen Sparren tragen, nothwendig. Entweder unterstützen hierbei zwei Pfetten unmittelbar die Sparren, und der Binderverband wird durch eine Doppelzange hergestellt, Fig. c, oder es erhält jedes Gebinde einen Kehlbalken, welcher durch zwei Dachrähme getragen wird, wie dieselbe Figur bei d zeigt. In beiden Fällen wird die Last des Längenverbandes in den Bindern durch Pfosten oder Stuhlsäulen auf die Balken übertragen. Diese Balken heissen Binderbalken und sollen ungestossen durch die Tiefe des Gebäudes reichen. Die Bindergespärre werden in Entfernungen von 4—5 m angeordnet und dürfen, wenn keine besondere Tragekonstruktion für den Längsverband eingefügt ist, nirgend weiter als 6,5 m gestellt werden.

Je nachdem die Stuhlsäulen senkrecht oder schräg stehen, unterscheidet man den stehenden oder liegenden Dachstuhl. Letzterer, den die Fig. 774e, f, g zeigen, wird wegen des umständlicheren Abbindens und Richtens selten angewendet, würde aber oft den Vorzug verdienen, da durch ihn die Last beliebig auf die Enden oder die unterstützte Mitte der Balken übertragen wird. Die Sparren

müssen bei dem liegenden Stuhl stets eine Fusspfette oder Sparrenschwelle erhalten. Bei wachsender Spannweite kann man durch Hinzufügung kleiner Streben, bei *h*, den „doppelten stehenden Stuhl“ für grössere Sparrenlängen ausreichend machen. Bei noch grösseren Dächern wird eine Firstpfette nothwendig, die man mittels einer Stuhlsäule, bei *i*, oder mittels zweier Parallelstreben, die mit den Stuhlsäulen verzapft sind, bei *k*, befestigt. Ein noch grösseres Dach zeigt Fig. 774 *l*, hier ruhen die Sparren auf vier Pfetten, welche von besonders starken Bindersparren getragen werden.

Fig. 774.



Weitere Zusammensetzungen dieser Dächer, die sich auf sehr mannichfache Weise ausführen lassen, ergeben sich zahlreich aus den Beispielen der folgenden Dachgruppen. Bei den Spannweiten, bezw. Holzstärken derselben ist Schieferdach zugrunde gelegt.

Bezüglich der Holzstärken für diese Dächer kann man im allgemeinen folgende als genügend annehmen: Dachbalken 17/22 cm bis 19/25 cm, Stuhlsäulen 15/15 cm, Pfetten und Dachrähme 15/19 cm, Kehlbalken und Sparren 10/13 cm bis 12/16 cm, Kopfbänder und kleine Streben 10/12 cm, grosse Streben 15/19 cm, Doppelzangen 2×7/20 cm bis 10/22 cm. Im übrigen siehe die Angaben S. 31 u. 32, welche als Grundlage für die Berechnung der Dachkonstruktionen dienen.

Sollen diese Dächer abgewalmt werden, so muss in den Gratlinien ein Gratsparren liegen und bei Dächern mit Kehlen in diesen ein Kehlsparren. Ersterer erhält eine Abkantung nach beiden Dachflächen, letzterer eine Rinne. Beide sollen etwas stärker genommen werden, als die übrigen Sparren, so dass sich diese voll dagegen schiften können (Fig. 686, S. 236). Die Balkenlage eines abgewalmten Daches erhält an denjenigen Seiten Stichbalken, an denen Balken parallel zur Traufe liegen. Ausserdem werden Grat- und Kehlstich-Balken eingefügt. Fig. 775 zeigt diese Anordnung für ein Dach nach dem Profil von Fig. 774 d. Ueber den Balken sieht man die Dachrähme bei den Graten und Kehlen um die Ecken geführt, und überall so angeordnet, dass dieselben mittels Stuhlsäulen, die auf den Balken stehen, unterstützt werden können. Ueber denselben liegt für jedes Sparrengebinde ein Kehlbalken. Bei den Abwalmungen werden auch hier immer Stichbalken, und zwar sowohl Gratstichbalken, wie (durchgehende) Kehlstichbalken erforderlich. Die Kehlbalken erhalten Schmiegezapfen. Die Hirnholzflächen, mit denen die Gratsparren zusammen treffen, heissen Schmiegeflächen; sie lehnen gegen das erste Gebinde des Hauptdaches, welches Anfallsgebinde heisst. Bei grösseren Dächern ist dasselbe gewöhnlich ein Lehrgebinde.

In diesem Falle würde indess diese Anordnung überflüssig viele Stuhlsäulen erfordern. Deshalb ist der Anfallspunkt durch einen besondern kleinen Stiel, der auf dem Kehlbalken steht, gesichert.

Bei den Schiftsparren heissen die schräg angeschnittenen Flächen, ebenfalls Schmiegeflächen, und solche Schifter, die oben gegen einen Gratsparren und unten gegen einen Kehlsparren geschiftet sind, Doppelschifter. Bei Verfallungen ist es wünschenswerth, den Verband des hohen Daches so einzurichten, dass er ohne Unterbrechung auch den des niedrigen bildet. Fig. 775 zeigt deshalb die Kehlbalken-Höhenlage so gewählt, dass ein verlängerter Kehlbalken als Firstpfette für das Dach des seitlichen Vorbaues dient. Bei langen Dächern ist es mitunter rathsam, den Verband bei solchen Vorbauten nicht durch ein Kehlsparren-Gebinde zu unterbrechen, sondern lieber die Sparren des Hauptdaches bis zum Anfallspunkt hinunter zu führen. Man legt dann auf diese Sparren in der Richtung der Kehle ein nach der Schmiege zugehobeltes, starkes Brett und führt die Sparren des zweiten Daches selbständig unterstützt dagegen. Kleine Zwischendächer, hinter Schornsteinen und bei Erkern erhalten nie einen Kehlsparren, sondern werden auf das, im übrigen ununterbrochen fortgehende Dach aufgefüttert.

Fig. 775.

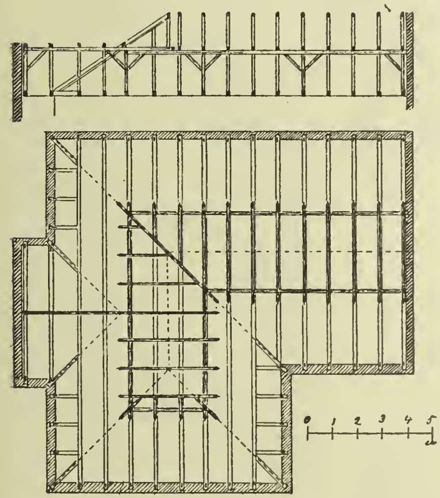


Fig. 776.

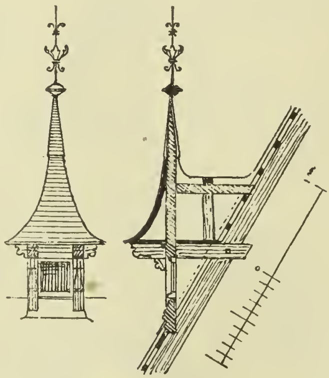


Fig. 776 zeigt die Ausführung eines Erkers mit Helmspitze. Die kleinen Stiele, welche das Erkerdach aufnehmen, werden durch Zangen an den Hauptsparren festgehalten.

Die Sparren-Auswechselungen, welche für Schornsteine, Dachluken, Einfalllichter usw., nothwendig werden, sind in der Regel ohne Schwierigkeiten ausführbar. Die Grat- und Kehlsparren können aber nicht ausgewechselt werden; wenn sich also die Schornsteine nicht ziehen lassen, so muss man dieserhalb das Dach anders anordnen.

Die in Fig. 774 dargestellten Dachquerschnitte sind in dem Fall unzureichend, wo ein sehr grosser freier Bodenraum hergestellt werden soll. Zu diesem Zweck sind die Dächer nicht allein sehr viel steiler anzunehmen, sondern es wird auch fast immer der liegende Stuhl den Vorzug verdienen, weil dieser die völlige Freihaltung des Mittelraumes gestattet. Fig. 777a, b u. c enthalten einige Beispiele für Dachkonstruktionen, die hauptsächlich für Scheunen zweckmässig sind. Der bedeutende Schub der langen Sparren wird entweder durch eine Sparrenschwelle oder mittels eines besonderen kleinen Strebebandes, wie bei b gezeigt ist, abgefangen. Fehlt, wie bei b, eine eigentliche Firstbefestigung, so ist der Längenverband durch eingekämmte starke Diagonallatten, die innen auf jedem Gebinde

genagelt sind, herzustellen. Bei sehr hohen Dächern muss oft noch ein zweiter Kehlbalken angebracht werden, welcher dann Hahnenbalken heisst. In Fig. 777a u. c ist derselbe durch Zangen mit Hängesäulen ersetzt. Derartige Dächer erfordern eine reichliche Anzahl Bolzen und ausserdem sorgfältige Ausführung.

Die Holzstärken sind im allgemeinen, wie oben bereits angegeben, zu wählen; nur wird man bei Ziegeldeckung die Streben und Stuhlsäulen etwas stärker machen. Die Binder-Entfernung beträgt in der Regel 4—5 m.

Bei allen beschriebenen Dächern verursacht die Verzapfung der Sparren mit den Balken einige Schwierigkeiten. Beim gewöhnlichen geraden Zapfen muss ein freies Balkenende von 10—15 cm Länge verbleiben. Hierdurch wird, Fig. 778a, ein sogen. Aufschiebling nöthig, um das Dachwasser in die am Sparren anzubringende

Fig. 777.

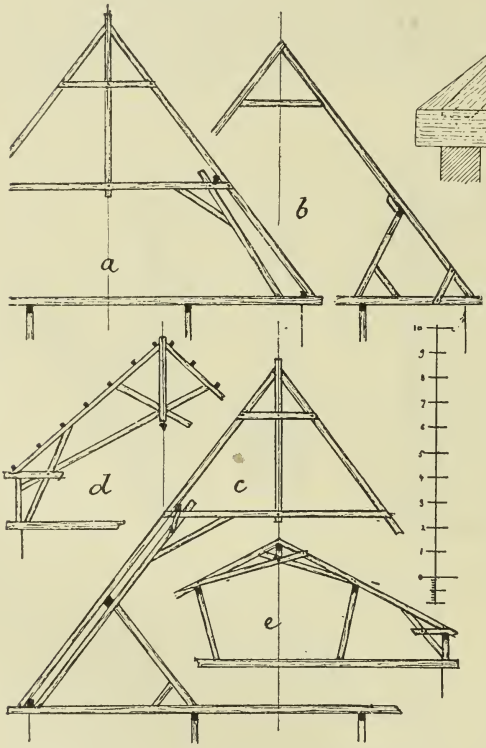
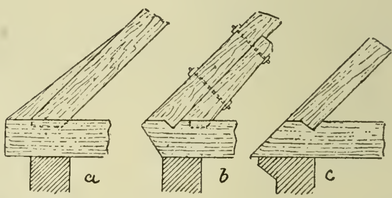


Fig. 778.

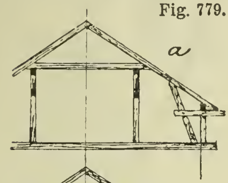


Rinne führen zu können. Der Aufschiebling verursacht stets einen Knick in der Dachfläche, welcher Wassersack genannt wird, und leicht zu Undichtigkeiten Anlass giebt. Fig. 778b zeigt zwar die Vermeidung des Aufschieblings durch Anbringung eines Unter-Schieblings, dessen Zapfen den Schuh aufnimmt, die Ausführung ist aber umständlich und theuer. Der einfache geächselte Zapfen, der bei *c* gezeigt ist, bietet dagegen geringe Sicherheit, so dass in den meisten Fällen eine Sparrenschwelle wie bei Fig. 777a und e nöthig wird.

Diese Uebelstände sind vermeidbar, wenn man über den Balken eine Aufmauerung hoch führt, welche Kniestock oder Drempelwand genannt wird, und die Aufstellung des Daches unabhängig von der Balkenlage macht. Fig. 777d u. e zeigen, wie durch diese Anordnung zugleich ein grosser nutzbarer Bodenraum selbst bei flacher Dachneigung gewonnen werden kann. Weitere Beispiele für derartige Dächer giebt Fig. 779a—f. Dieselben weichen von denjenigen nach Fig. 774 hauptsächlich dadurch ab, dass die Sparren oberhalb der Drempelwand auf einem Drempelrähm ruhen, welches mittels der Drempelstiele unterstützt ist. Der Sparrenschub wird durch die Drempelstrebe abgefangen, und der Dreieckverband des Ganzen durch eine Zange hergestellt, die wo möglich Strebe, Stiel und Sparren fasst. (S. die Abhandlung über Drempelstreben, D. Bauztg. 1888, S. 579.) Im übrigen lässt sich bei diesen Dächern der stehende wie der liegende Stuhl anwenden. Fig. 779c zeigt auch den doppelten liegenden Stuhl und zugleich mit Fig. 777d, abweichend von den übrigen Beispielen, ein Pfettendach. Bei den-

selben werden Sparren nur in den Lehrgebinden nöthig, während die Pfetten die Schalung für das Deckmaterial unmittelbar aufnehmen. Für die Anordnung der Binder in diesen Dächern sind ebenfalls in Entfernungen von 4,5—5,5 m durchgehende Balken nothwendig, während die Balkenlage im übrigen ohne Einfluss auf den Dachverband ist. Kann auch für die Binder kein Balken angeordnet werden, so lassen sich die Stuhlsäulen auf Wechsel, oder auf Schwellstücke stellen. Der Verband für die Streben verlangt aber immer einen Stichbalken und bleibt unvollkommen, wenn letzterer nur als kurzes Stück quer auf die Balken gelegt ist. Drempelstiele und Streben, sowie Drempelrähme werden gewöhnlich 12/15 cm stark ausgeführt; die Stärken der übrigen Hölzer sind dieselben, wie oben angegeben.

Fig. 779.



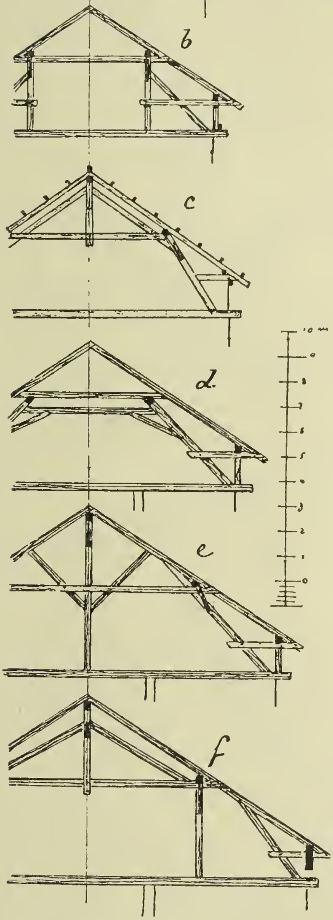
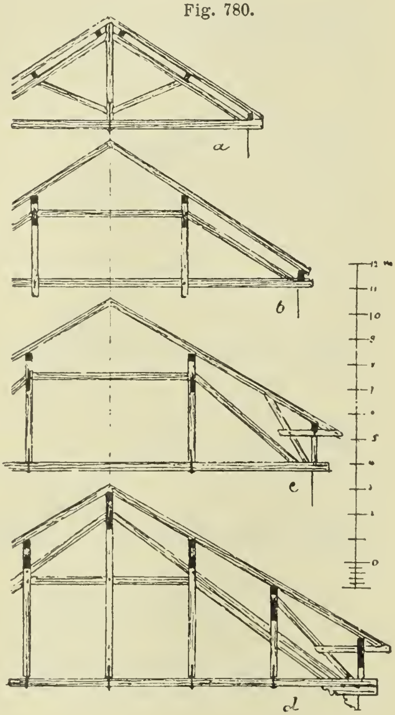


Fig. 780.



Bietet ein grösserer Raum keine Unterstützung für die Balken, so muss das Dach eine Trage-Konstruktion enthalten. Am einfachsten wählt man für dieselbe ein Hängewerk. Fig. 780 zeigt die Anwendung des einfachen, doppelten und mehrfachen Hängewerks in Dachbindern. Der Binderbalken dient als Zugbalken oder Tramen (Tram), und darf durch das Dachwerk ebenso wenig belastet werden, wie eine Belastung der Streben in ihrer freien Länge statthaft ist. Nur die Decke kann mittels angehängter und aufgelegter Querbalken an dem Tramen befestigt werden. Letzterer wird alle 5—6 m an den Hängesäulen aufgehängt, mit denen er durch Hängeeisen verbunden ist, oder durch die er, wenn sie

doppelt angewendet sind, hindurch geführt wird. Die Streben erhalten doppelte Versatzung, und sollen 30 cm vor dem Balkenende stehen. Erhält die Hängesäule oben nicht eine Eisenarmirung, so muss die frei bleibende Länge ebenfalls etwa 30 cm betragen (gegen Abscheerung). Bei flachen Dächern ist es wünschenswerth, einen kleinen Drempel anzuordnen, damit die Streben etwas steiler gestellt werden können. Anderenfalls muss dem Schub durch Bolzen und eiserne Schuhe begegnet werden, da Zapfen und Versatzung nicht genügen würden. Werden die Sparren durch besondere kleine

Fig. 783.

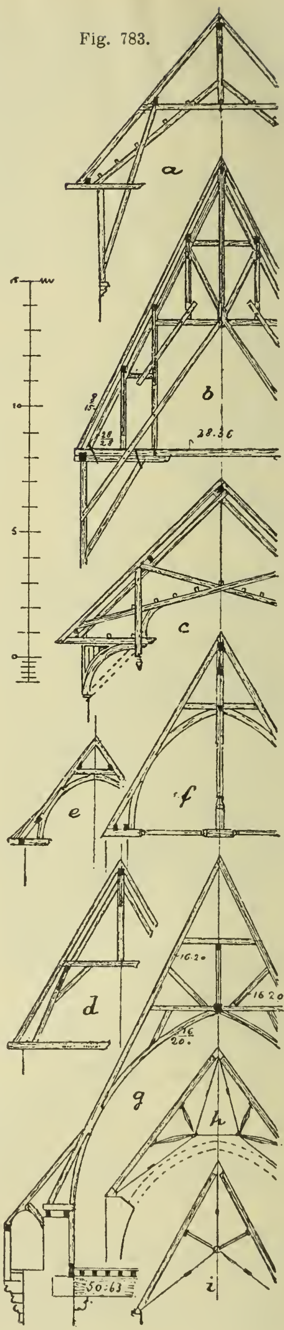


Fig 781.

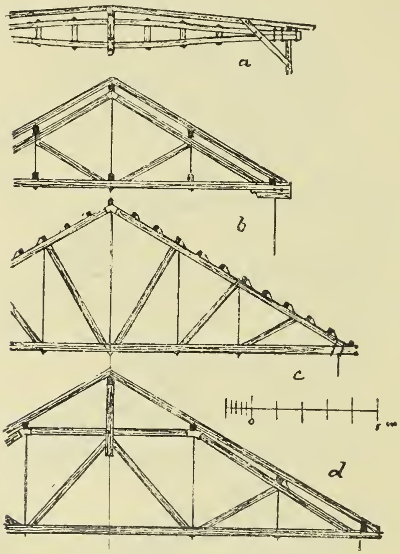
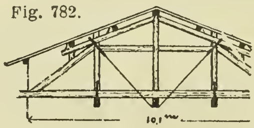


Fig. 782.

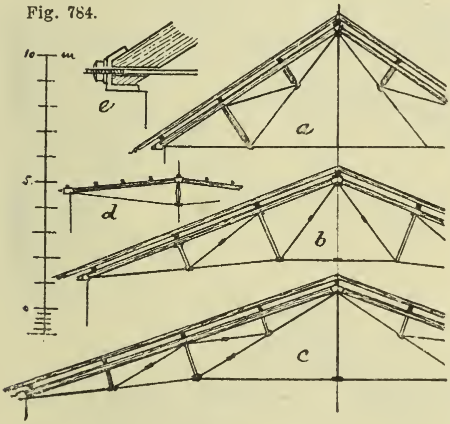


Streben unterstützt, wie in Fig. 780c und d, so darf die Zange derselben nicht zugleich mit den Hängestreben verbolzt werden, da hierdurch die aufrecht zu erhaltende Durchbiegungsfähigkeit des Hängewerks beeinträchtigt und eine etwaige Bewegung zugleich auf das Dach übertragen wird. Die mittlere Abtheilung wird bei dem doppelten Hängewerk zu etwa 0,4 der ganzen Spannweite angenommen. Wenn letztere sehr gross ist, so kann man sie, wie bei Fig. 780*d*, durch verdübelte Sattelhölzer an beiden Seiten einschränken. Hierdurch wird zugleich erreicht, dass die Drucklinie der durch die Verdoppelung nach der Mitte

zu verschobenen Streben noch innerhalb der Balkenhöhe das Mauerprofil erreicht, wie in derselben Fig. gezeigt ist. Statt des Hängewerks lassen sich auch die in Fig. 766 bis 769, S. 256 u. 257 gezeigten Anordnungen mit dem Dachverband in Zusammenhang bringen. Hierfür giebt Fig. 781 a ein Beispiel, indem ein linsenförmiger Balken zur Unterstützung eines sehr flachen Daches angewendet ist. Fig. 781 b, c und d geben Beispiele der vereinigten Anwendung von Eisen und Holz (Hängewerke); Fig. 782 giebt eine ähnliche Konstruktion von besonderer Zierlichkeit, die über einem Schulsaal in Paris ausgeführt ist. (Encyclop. d'archit. 1876, S. 397.) Bezüglich der einfachen Eisenverbände, die zur Ausführung solcher Dächer dienen, sei auf Fig. 693 bis 706, S. 238 u. 239 zurück verwiesen.

Soll ein Raum ganz ohne Balkenlage überdacht werden, so ist ein frei tragendes Dach zu wählen. Dieses kann entweder bei grossen Sälen, Schuppen usw. von unten sichtbar bleiben oder es wird, wie bei Kirchen, über Gewölben ausgeführt. Für die Konstruktion ist in beiden Fällen die Bestimmung darüber maassgebend: ob in der Höhe der Traufe ein durchgehender Binderbalken angeordnet werden kann oder nicht. In letzterem Falle ist es die Hauptaufgabe, die Konstruktion so einzurichten, dass trotzdem kein wesentlicher Schub auf die Mauern ausgeübt wird. Wegen der zahlreichen Lösungen, welche diese Aufgabe zulässt und wegen der Mannichfaltigkeit ihrer künstlerischen Durchbildung bieten diese Dächer das meiste Interesse. Fig. 783 giebt einige Beispiele für Kirchen- und Saaldächer. Bei den Konstruktionen *b* und *d* gestattet der durchgehende Binderbalken die Anwendung des stehenden, bezw. liegenden Stuhles mit oberem Hängewerk. Ersteres Dach, über der Nikolaikirche in Hamburg ausgeführt, zeigt einen sehr grossen Holzaufwand. Die Binder stehen in Entfernungen von 6 m und die Sparren liegen nur 0,46 m weit. Lange Sprengestreben unterstützen oberhalb der Gewölbekämpfer die Balken; der Schub derselben wird durch die grossen Strebepfeiler der Gewölbe aufgenommen. — Fig. 783a und c zeigen Dächer ohne Binderbalken. Zangen in halber Dachhöhe oder Kreuzstreben fangen den Sparrenschub ab, der ausserdem durch Strebebänder zu einem tiefer liegenden Punkt der Mauer hinabgeführt wird. — Soll das Dachwerk selbst von unten nicht sichtbar bleiben, so muss die Konstruktion so eingerichtet sein, dass sie gestattet, Querbalken zur Aufnahme einer gehobelten Schalung anzubringen. In den Figuren sind die Querschnitte dieser Balken angedeutet. Fig. 783d zeigt ein Dach mit einfachem liegendem Stuhl. Die Anwendung dieser Konstruktion für ein Dach mit 21,5 m Spannweite enthält die 1809 erbaute Kirche in Löhningen (Oldenburg).*) Um das gute Aussehen zu heben, sind in Fig. 785c die Strebebänder durch Krummhölzer ersetzt, wodurch das sogen. normannische Dach gebildet wird. Die Fig. 783e, f und g zeigen mittelalterliche französische Dächer (Viollet le Duc: Dict. rais. d'architect., art. Charpente). Die Krummhölzer stützen sich hier gegen kleine Verstärkungen, die beim Schneiden der Sparren an den betr. Stellen ausgespart sind. Besonders ist das zuletzt erwähnte Dach von dem grossen Saal des Schlosses zu Sully (aus dem Ende des 14. Jahrhunderts) bemerkenswerth, da dasselbe mit einem Kleinstaufwand von Holz und ohne den Raum irgendwie durch den Verband zu beengen, den 11,5 m breiten Saal überdeckt. Die Gebinde stehen in Entfernungen von 0,68 m und jedes hat die volle Konstruktion; der

Fig. 784.

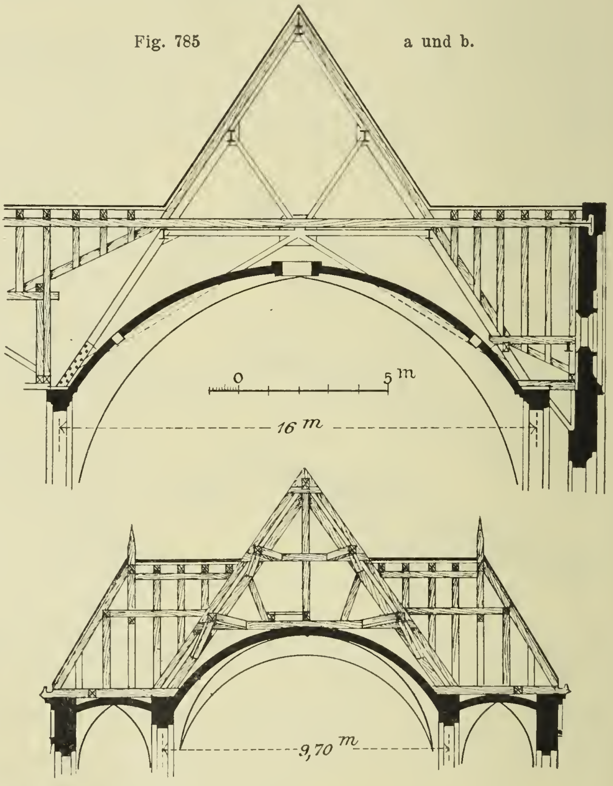


*) Dtsche. Bauztg. 1891, S. 545.

Längsverband ist durch grosse Andreaskreuze hergestellt, die zur Hälfte in die Sparren eingekämmt sind. Alle drei Dächer sind inwendig auf den Krummstreben gewölbartig geschalt, was gegen die bei a und c gezeigte Anordnung den Nachtheil hat, dass die äussere Dachseite nicht in allen Theilen zugänglich bleibt.

In neuerer Zeit werden Dächer ohne Binderbalken häufig in Eisenkonstruktion hergestellt, wofür sich der Polonceau-Binder besonders gut eignet. Fig. 783h u. i zeigen denselben für verschiedene Spannweiten mit steilen und Fig. 784a, b, und c für solche mit flacheren Neigungen. Die Sparren bezw. Streben stehen hier in einem eisernen Schuh. Die auf Druck beanspruchten Konstruktionstheile können auch, wie bei 784a dargestellt ist, aus Holz bestehen, wobei dieselben die Stärke leichter Tragepfosten erhalten müssen. Die Stärke und Anordnung der Eisentheile im Einzelnen wird das Ergebniss ausführlicher statischer Berechnung sein müssen. Für steilere Dächer bietet sich bei zunehmenden Spannweiten in dem sog. eisernen Bocke ein überaus brauchbares Hilfsmittel. Unsere Fig. 785a zeigt an dem Dach der Georgen-Kirche in Berlin*) im Gegensatz zu dem bedeutenden Holzaufwand des bei b dargestellten nur 9,7 m weiten Daches der Kirche in Oggersheim,**) wie leicht sich die Konstruktion unter Zuhilfenahme von Eisen selbst noch für eine Spannweite von 16 m gestaltet.

Fig. 785 a und b.



Für leichtere Gebäude und Schuppen bietet sich in dem sog. Knotensystem eine zweckmässige Konstruktionsart. Durch Zangen und Streben werden viele kleine Dreiecke gebildet, und sämmtliche Holzüberschneidungen durch starke Schraubenbolzen gesichert. Fig. 786 zeigt eine Anzahl derartiger Konstruktionen, die alle von unten sichtbar bleibend angenommen sind; eine besondere innere Decke ist nur bei dem Saaldach Fig. b voraus gesetzt. Bei der Anordnung muss berücksichtigt werden, ob sich die Theile ohne eigentliche Rüstungen richten lassen, da sich anderenfalls die Kosten wesentlich erhöhen. Die Aufhebung des Schubs wird selbstverständlich bei Dächern wie Fig. b und d am vollkommensten erreicht, weil dieselben eine durchgehende Zange in Höhe der Traufline haben; bei Konstruktionen nach Fig. e und g müssen die Mauern entsprechend verstärkt

*) Dtsche. Bauztg. 1898, S. 525. — **) Dtsche. Bauztg. 1899 S. 325.

werden. Ist eine Unterstützung durch Stiele möglich, Fig. h, i und k, so ist nur unbedeutender Schub vorhanden, und eine Verdoppelung der Tragepfosten, wie solche bei i gezeigt ist, wird nur dann nothwendig, wenn sie besondere Lasten wie z. B. Wellenleitungen aufzunehmen haben. Bei l ist ein Schuppendach mit

Fig. 786.

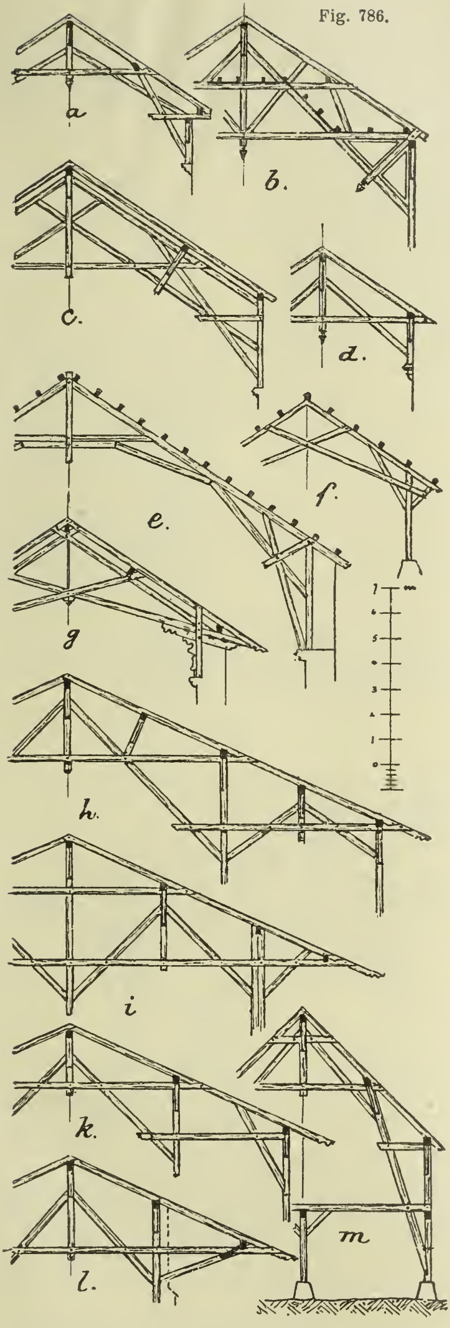
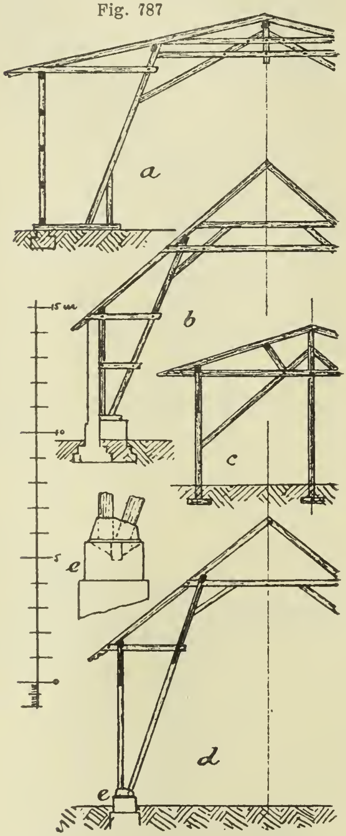


Fig. 787



sehr grossem Ueberstande dargestellt; die äussere Pfette wird durch ein liegendes Sprengewerk getragen. Fig. 786 m zeigt eine Anordnung des doppelten liegenden Stuhls, wobei die ersten Streben durch das Untergeschoss hindurch bis an das Ende der Stiele hinabgeführt sind. Mehrere ähnliche Konstruktionen, die für Nothscheunen und Feldschuppen bewährt sind, zeigt Fig. 787 a—d. Beim letzten

Beispiel ruhen Stiel und Strebe gemeinschaftlich in einem eisernen Schuh, *e*, der mittels Zapfen in einem Granitblock festgesetzt ist. Verzapfungen und Verbolzungen müssen bei allen freitragenden Dächern auch bei Ausführung für vorübergehende Zwecke sehr sorgfältig und genau gearbeitet sein. Mehrere andere Beispiele für neuere landwirthschaftliche Bauten finden sich in der D. Bauztg. 1896

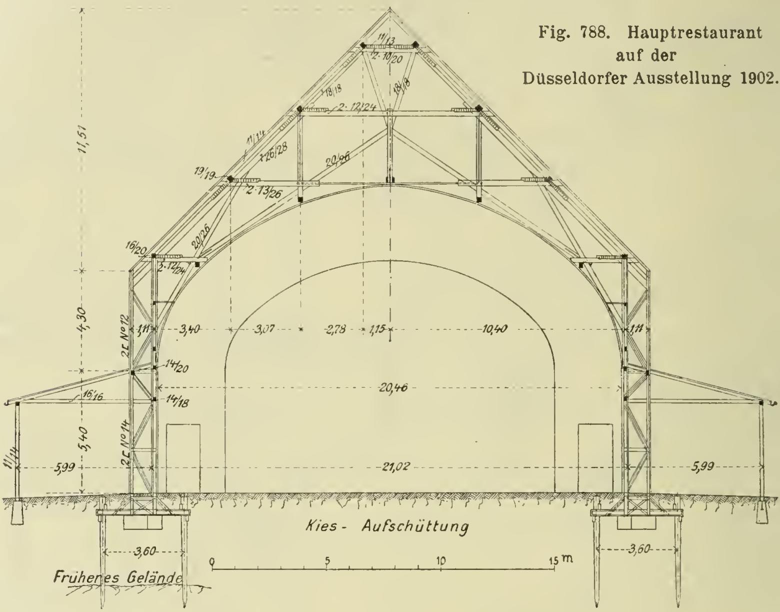


Fig. 788. Hauptrestaurant auf der Düsseldorfer Ausstellung 1902.

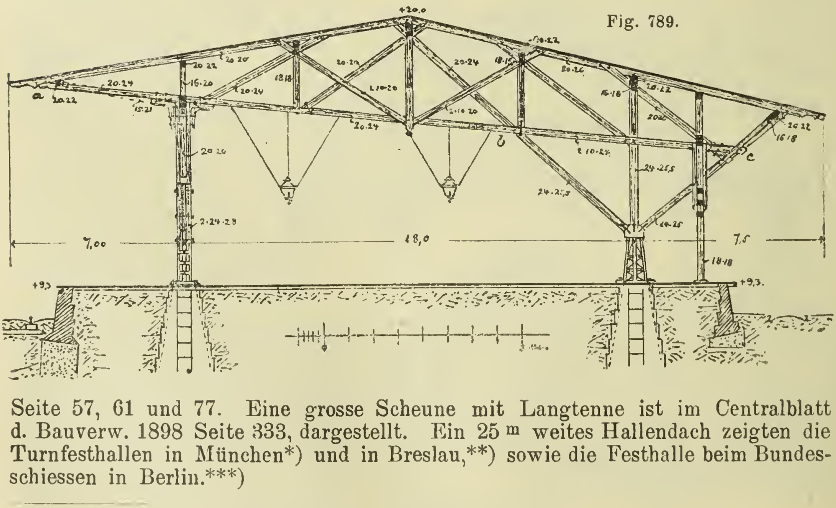
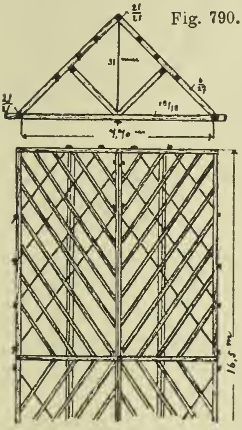


Fig. 789.

Seite 57, 61 und 77. Eine grosse Scheune mit Langtenne ist im Centralblatt d. Bauverw. 1898 Seite 333, dargestellt. Ein 25 m weites Hallendach zeigten die Turnfesthallen in München*) und in Breslau,**) sowie die Festhalle beim Bundesschiessen in Berlin.***)

*) Dtsche. Bauztg. 1889, S. 439.
**) Dtsche. Bauztg. 1894, S. 417.
***) Dtsche. Bauztg. 1890, S. 360/61.

Als neuestes Beispiel eines bedeutenden Holzbaues sei die Festhalle (Hauptrestaurant) der Düsseldorfer Industrie- und Gewerbeausstellung 1902 in Fig. 788 zur Darstellung gebracht. Die 5 m von einander entfernten Binder haben eine freie Spannweite von 21 m und sind im Inneren vollkommen verschalt. Der starke Schub wird zumtheil aufgenommen durch die Zange über dem Deckenscheitel, theils auf die Seitenpfosten übertragen, die dementsprechend kräftig als Fachwerksträger, aus Eisen und Holz hergestellt, und an dem stark verbreiterten Fuss mit eingerammten Pfählen kräftig verankert sind.*)


Fig. 790.

Als besonderes Beispiel eines sehr grossen Schuppens giebt Fig. 789 die Ansicht eines Binders der Hamburger Kaischuppen. Die ungleiche Höhe des Daches zu beiden Seiten ist durch die Aufstellung von Krahnen bedingt. Der grosse Dach-Ueberstand wird nur durch ein liegendes Sprengewerk aufgenommen, das punktirt angedeutet ist; ebenfalls sind auch alle Pfetten durch Sprengewerke unterstützt. Hierdurch ist es möglich geworden, die Binder in der sehr grossen Entfernung von 10 bis 11 m anzuordnen. Unter der ersten Schicht des Fundaments sind die Tragepfosten verankert. Dieselben bestehen an der Vorderseite aus verdoppelten Holzpfosten, die unten in ein eisernes Gerippe gefasst sind und an der hinteren Seite aus einer niedrigen eisernen Stütze aus Gitterwerk. Zur Uebertragung der bedeutenden Schubwirkung sind vorn zwei grössere Knaggen-Kniee aus krumm gewachsenem Eichenholz eingedübelt und verbolzt. An der Hinterseite dient demselben Zwecke der zweite Pfosten, welcher zugleich zur Aufnahme der

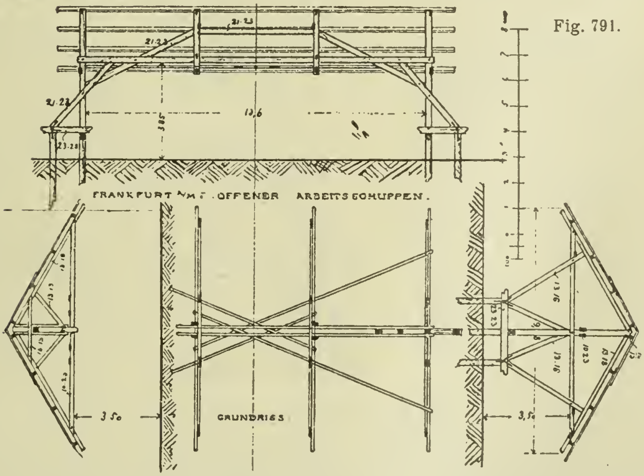


Fig. 791.

Verschalung für die Gebäudewand nöthig ist. Das grosse Holz *a b c* ist in dem Theil *a b* ein Balken, der sich in *b c* als starke Doppelzange verlängert, eine Konstruktion, die besondere Empfehlung verdient. Das Richten dieser Dächer geschah ohne Rüstung und ohne aussergewöhnlichen Arbeitsaufwand. Ein kleinerer Kaischuppen von 20 m Spannweite und mit Mittelstützen befindet sich in Geestemünde, siehe Centralblatt d. Bauverw. 1897, Seite 379.

Bei allen diesen Dächern ordnet sich die Tragekonstruktion des Längsverbandes derjenigen des Querverbandes unter. Im Gegensatz hierzu giebt Fig. 790 in dem Dach eines Giesserei-Gebäudes in Winterthur ein Beispiel, in welchem

*) Vergl. ausserdem die Konstruktion der Industriehallen usw. Dtsche. Bauztg. 1902.

erstere vorwiegende Bedeutung besitzt. Die Sparren, welche gewöhnlich eine todte Last bilden, spannen sich in diesem Fall diagonal zwischen eine starke Firstpfette und eine Fusspfette, sowie in der Mitte gegen ein Mittelgebinde und bewirken mittels einer entgegengesetzt gerichteten Verschraubung durch eiserne Stangen ein Freitragen des Längsverbandes auf 16,5 m, so dass das ganze Dach nur in den Endpunkten *a b* und den diesen entsprechenden, auf der jenseitigen Hälfte unterstützt ist. Die Ausführung und das Richten werden zweifelsohne Schwierigkeiten haben. — Ein Dach, in welchem ebenfalls dem Läugsverband die Haupt-Bedeutung zukommt, stellt Fig. 791 dar. Dieses Dach ruht wie der Längsschnitt und Querschnitt rechts zeigen, auf vier an jeder Seite eingerammten Pfählen. Die Mitte wird durch den Längsverband freitragend erhalten. Die Hänge-Konstruktion des Letzteren zeigt der Längsschnitt; die langen platt liegenden Zangenhölzer, welche einer Drehung der Querbinder entgegen wirken, sind dagegen aus dem Grundriss ersichtlich. Die Konstruktion behindert nirgends die Handhabung von langen

Fig. 793.

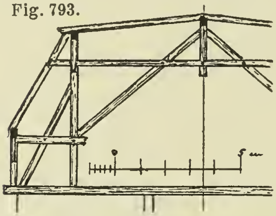
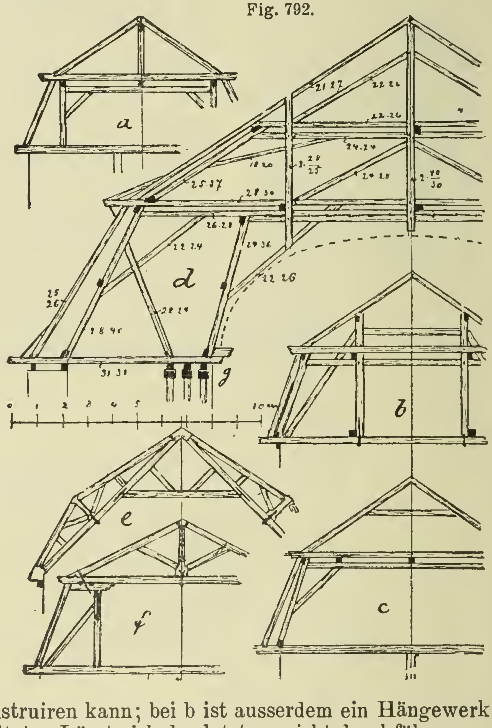


Fig. 792.



Hölzern und dergl., so dass sie besonders für den Zweck eines Langholz- oder Zimmerschuppens geeignet ist.

β. Satteldächer mit gebrochenen Dachflächen.

Hierunter werden diejenigen Dächer verstanden, bei denen zwischen Traufe und First ein Punkt liegt, in welchem ein Wechsel der Dachneigung stattfindet. Zunächst kommt das sogen. Mansarde-Dach (nach seinem Erfinder, Ende des 17. Jahrhunderts, so benannt) inbetracht. Bei demselben folgt auf einen unteren steilen Theil eine obere flache Dachfläche. Fig. 792a, b, c zeigen, wie man diese Dächer sowohl mit stehendem, wie mit liegendem Stuhl konstruiren kann; bei b ist ausserdem ein Hängewerk für den unteren Balken eingeschaltet. Lässt sich der letztere nicht durchführen, so wird die Konstruktion umständlicher und man muss ein oberes Hängewerk mit unterem Sprengewerk verbinden. Ein Beispiel giebt Fig. 792d in dem vorzüglich angeordneten Dach der Michaelis-Kirche in Hamburg, welches im Jahre 1757 vom Baumeister Sonnin gerichtet ist. Die Binder stehen in Entfernungen von 3,5 und 4,5 m. Das Holzgewölbe der Decke ist an dem Hängewerk befestigt. Die Last des Punktes *g* wird von drei verbundenen Hänge- und Sprengewerken aufgenommen, welche über dem Querschiff der Kirche stehen. — Fig. 792e zeigt ein englisches Mansarde-Dach, bei welchem die Mansarde durch ein Hängewerk hervorgebracht wird, welches oberhalb des geraden Sparrens als eine Armirung desselben angeordnet ist. Theoretisch wird hier der Schub durch den gut befestigten wagrechten Spannriegel aufgenommen, doch muss die Ausführung bei nicht sehr starken Mauern bedenklich erscheinen. Fig. 792f zeigt ein Dach mit Hängewerk in dem oberen Theil. Die Anordnung

ist nicht empfehlenswerth, da der Längsverband nur durch zwei Pfetten und die Diagonalverstrebung zwischen den Hängesäulen aufrecht erhalten wird, und ein Hängewerk in jedem Gebinde angeordnet werden muss, weil die Streben gleichzeitig als Sparren dienen. Gegenwärtig werden die Mansarde-Dächer in ihrem oberen Theil gewöhnlich flach konstruirt und mit Pappe, Holzzement, oder Metall gedeckt. Fig. 793 zeigt ein solches Dach freitragend mit Hängewerk. Können im Dachboden alle 5 m Stiele gestellt werden, so nehmen darüber liegende Pfetten ohne weitere Konstruktion als Kopfbänder, die sehr flach liegenden Sparren auf. In jedem Fall legt man bei dem oberen flachen Dach die Sparren des letzteren lieber neben die Sparren des unteren Daches, als gerade in dieselbe Flucht, da einestheils die Aufklauung der steilen Sparren dann zuverlässiger ausgeführt werden kann, und anderentheils die flachen Sparren über die Pfette hinaus zur Aufnahme des Dachwulstes verlängert werden können.

Fig. 794.

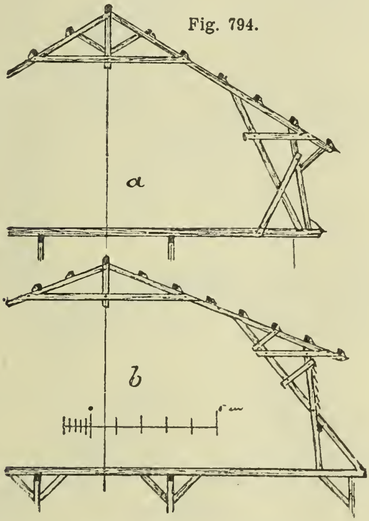
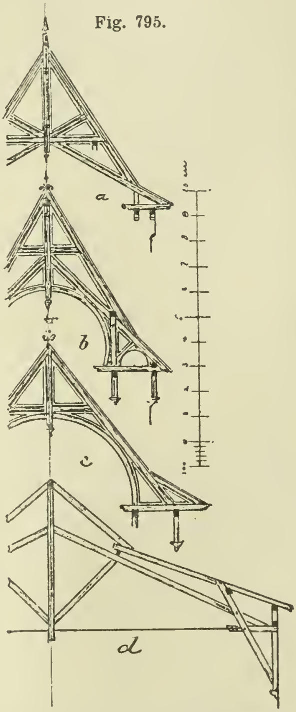


Fig. 795.



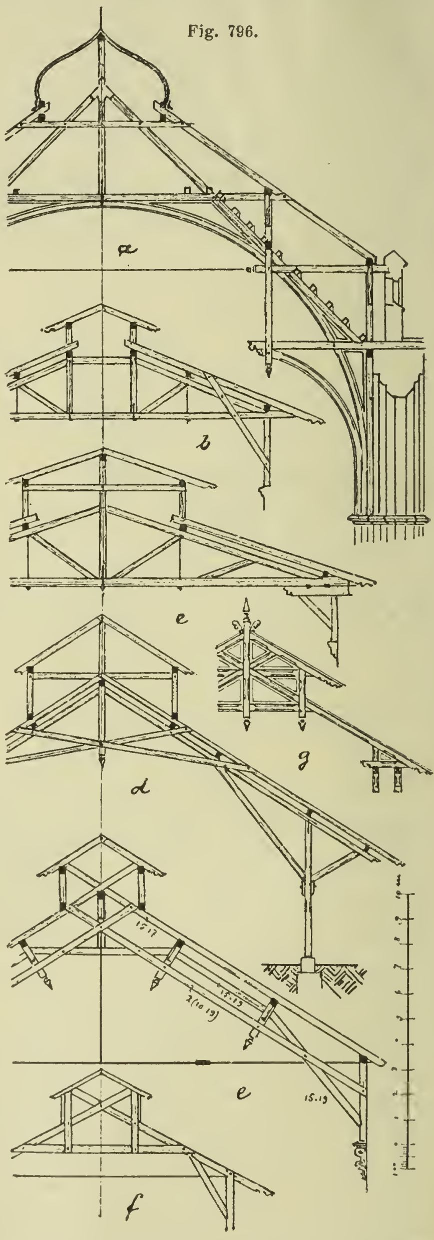
Für die Sparren der (flachen) Plateau-Dächer genügen die gewöhnlichen Stärken nicht. Man wählt hierfür Halbhölzer von 10/20 cm oder 12/20 cm Stärke und darf dieselben auch nicht über 1 m auseinander legen, da sich sonst die Schalung beim Begehen des Daches durchbiegen und Undichtigkeiten entstehen lassen würde.

Eine Dachform, die den Mansarde-Dächern ähnlich sieht, wird häufig bei landwirthschaftlichen Gebäuden beliebt, wofern ein unterer steiler Dachtheil erwünscht ist, um mittels Jalousien einen steten Luftzug zu gewinnen. Fig. 794 a u. b zeigt zwei derartige Dachprofile aus Wanderley, Ländl. Wirthschaftsgeb. Das flache Dach muss zum Schutz mit mehr oder weniger Ueberstand über das steile hinaus geführt werden. Bei solchen Konstruktionen ist der Schub des freitragenden oberen Daches sehr zu berücksichtigen; hingegen sind sie ausserordentlich vortheilhaft mitbezug auf die Gewinnung von Bodenraum.

Eine andere Art von Dächern mit gebrochenen Flächen wird besonders oft in dem Falle ausgeführt, dass ein Gebäude ein steiles Dach mit Giebelausbildung erhalten soll, ohne dass man deshalb den First zu der durch die Breite des Gebäudes eigentlich geforderten Höhe hinauf ziehen will. Man ordnet dann den unteren Theil des Daches flach an und hebt nur den oberen in der gewollten steileren Dachneigung heraus. Fig. 795 a, b u. c zeigen einige hierfür gebräuchliche Anordnungen.

Soll auf dem First eines Gebäudes eine Laterne angebracht werden, so wird in der Regel auch hierfür ein besonderes Dach nothwendig werden, da die Glasdeckung eine steilere Neigung fordert als die meisten Deckmaterialien. Bei der anspruchlosesten Ausführungsweise begnügt man sich mit einer einfachen steileren Stellung des Daches am First, wie Fig. 795d zeigt. Diese Anordnung hat aber den Mangel, dass sich der stumpfwinklige Anschluss beider Dachflächen oft nicht ausreichend dichten lässt. Bei wichtigen Ausführungen wird deshalb die Aufsetzung einer eisernen Laterne vorgezogen, der man eine geschwungene Form geben kann. Fig. 796a zeigt als Beispiel das Saaldach der Flora zu Charlottenburg von Stier. Dieses grosse Dach besteht im übrigen aus einem Hänge- und Sprengewerk, welches mittels Zangen dreimal wagrecht verbunden ist. Die Zange in der Höhe der Traufe ist von innen nicht als solche zu erkennen, da die Decke oberhalb der Streben den Anfallspunkt des Daches tiefer liegend erscheinen lässt. Bei vorwiegender Rücksicht auf Schmuck (s. weiterhin), wird die Konstruktion von unten gesehen durch ein System von Bohlenbögen getragen.

Fig. 796.



Die letzte Art von Dächern mit gebrochenen Flächen sind die sogen. Basilika-Dächer. Dieselben heben sich in ihrem oberen Theil mit zwei kleinen senkrechten Wänden aus den unteren Dachflächen heraus, und bieten innerhalb dieser Wände Gelegenheit, entweder gleichfalls zu einer Lichtzuführung oder zur Schaffung einer sehr wirksamen Lüftung mit Jalousien oder stellbaren Klappen. Fig. 796b bis g zeigt einige diesbezügl. Anordnungen, die hauptsächlich für Lazareth-Baracken, Giessereigebäude, Arbeitsschuppen usw. empfehlenswerth sind. Das obere Dach wird entweder mittels eines verlängerten Stiels mit Firstpfette getragen, oder man verlängert die Sparren und stellt hierdurch eine Verstrebung her; letztere Anordnungen zeigen die Dächer e und f. Ersteres über einer Reithalle in Hamburg vom Arch. Heyn ausgeführt, giebt zugleich ein Beispiel von der Einfügung liegender Hängewerke unter den Sparren. Die Aufstellung des Daches wird bei dieser Anordnung etwas mühsamer. Fig. 796g

stellt eine Giebelausbildung dar, zu deren verschiedenartigen Lösungen diese Dächer vorzugsweise Gelegenheit geben.

Wie in neuerer Zeit auch diese Dächer vorwiegend in Holz-Eisenkonstruktion hergestellt werden, zeigt Fig. 797 an einer von Hennicke & Gooss erbauten Schmiede. Trotzdem die Trauflinie 7 m hoch liegt, benöthigt dieses Bauwerk doch nur 1 Stein starker Aussenwände, die bei jedem Dachbinder mit doppelt neben einander gestellten 36 cm hohen eisernen Trägern verbolzt sind. Diese Träger nehmen mittels angenieteter eiserner Schuhe die 9 m langen Streben auf, die die Oberlichtwände und die Firstpfette tragen. Zangen, die an den mit den genannten Trägern fest verbolzten Sparren angreifen, schaffen den Querverband und gewähren zugleich eine hinreichend feste Unterstützung für die Wellenleitung. Die Holzstärken können der Abbildung entnommen werden.

Fig. 797.

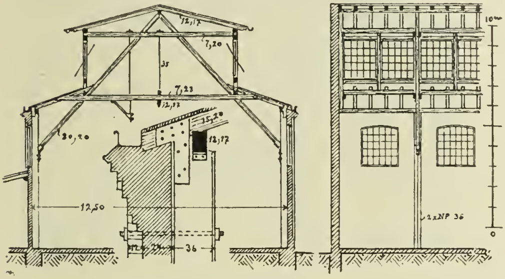


Fig. 798.

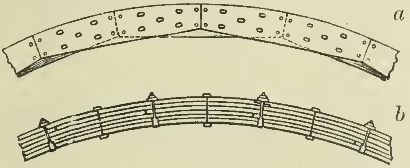
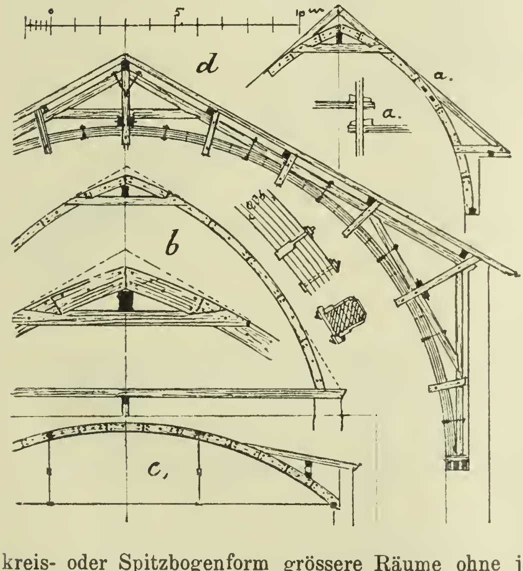


Fig. 799.



γ. Satteldächer aus Bohlenbögen.

Eine besondere Konstruktion bilden die von Phil. de l'Orme († 1570) erfundenen Bohlenbögen, nebst denjenigen, welche Emy 1825 zuerst bekannt machte. Erstere bestehen, Fig. 798 a, aus ausgeschnittenen Bohlenstücken, in Längen von etwa 1,5 m, die in mehrfachen Lagen mit versetzten Fugen durch Holznägel verbunden werden. Die Emy'sche Anordnung zeigt die Bohlen flach über einander liegend auf Schablonen zu der gewünschten Form gebogen, und, Fig. 798 b, abwechselnd mittels umgelegter eiserner Bänder und durchgebohrter Bolzen verbunden. Die erstere Art der Bohlenbögen bietet den grossen Vortheil, dass sich in Halbkreis- oder Spitzbogenform grössere Räume ohne jede weitere Hilfskonstruktion damit überspannen lassen, da ihr Schub gering ist; zur Verbindung ist am Scheitel eine Firstpfette erforderlich, die auf einer Bohlenzange ruht; Fig. 799 a und b zeigen die Anordnung (bei Fig. 799 a ist eine Auffütterung zur Erlangung gerader Dachflächen dargestellt). Zur Verbindung der einzelnen Bohlenbögen

fügt man gewöhnlich in der Mitte noch eine Verkeilung mit durchgelochten Lattstücken ein, wie in derselben Figur in einem Längsschnitt gezeigt ist. Werden Bohlenbögen in Stichbogen-Form verwendet, so ist eine untere Verankerung nicht zu umgehen, wie Fig. 799c an dem Dach des Malersaales im Wiener Hofopernhaus erkennen lässt. Die Stärke der Bohlenbögen richtet sich nach der Spannweite. Man nimmt gewöhnlich an: für 7—11 m zwei Bohlen je 4 cm stark; für 11 bis 12 m zwei Bohlen je 5 cm stark; für 12—14 m drei Bohlen je 4 cm stark usw. Die Breite soll nicht unter 15 cm betragen und ist bei grösseren Spannweiten ebenfalls zu vermehren. Fig. 800 zeigt Profil und Längsschnitt der be-

Fig. 800.

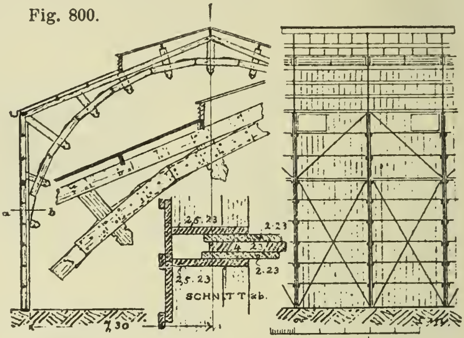
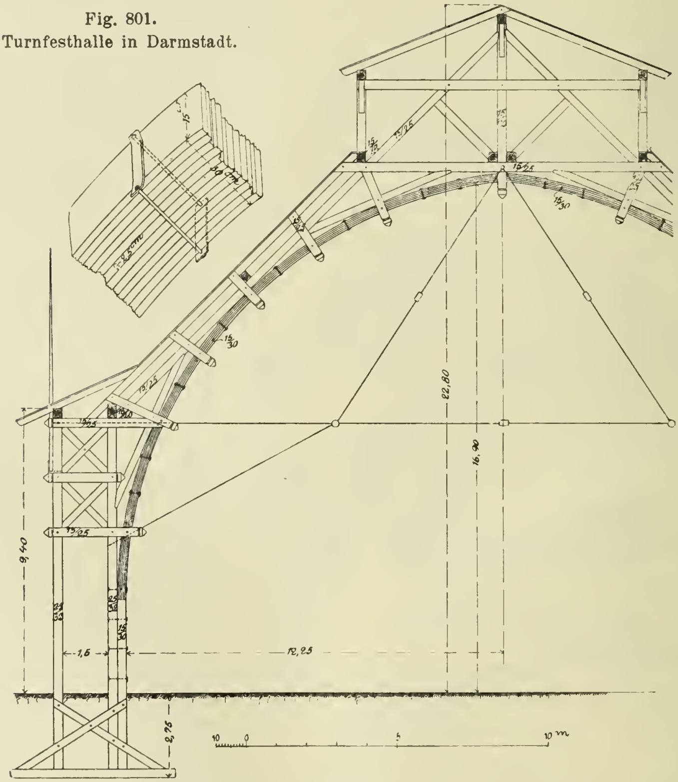
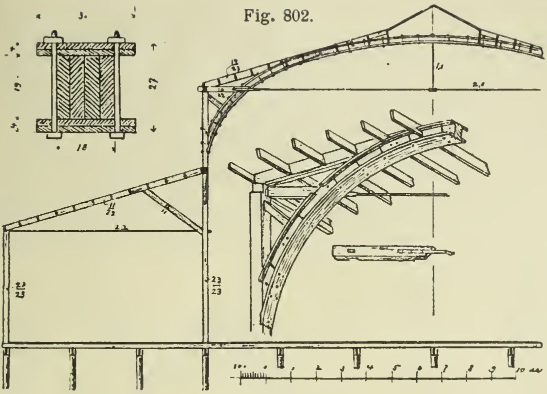


Fig. 801.
Turnfesthalle in Darmstadt.



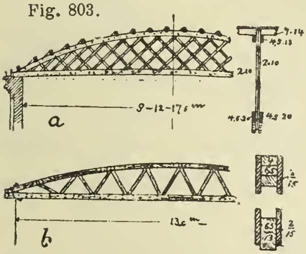
sonders zierlichen Halle der Londoner Fischerei-Ausstellung von 1883. Die Brettstücke für die Bogensparren sind hierbei der einfacheren Ausführung wegen gar nicht rund geschnitten, sondern haben nur den Schmiegenschnitt erhalten, den der Bogenhalbmesser erforderlich macht. Vier Bretter und eine Bohle bilden den Binder-

Fig. 802.



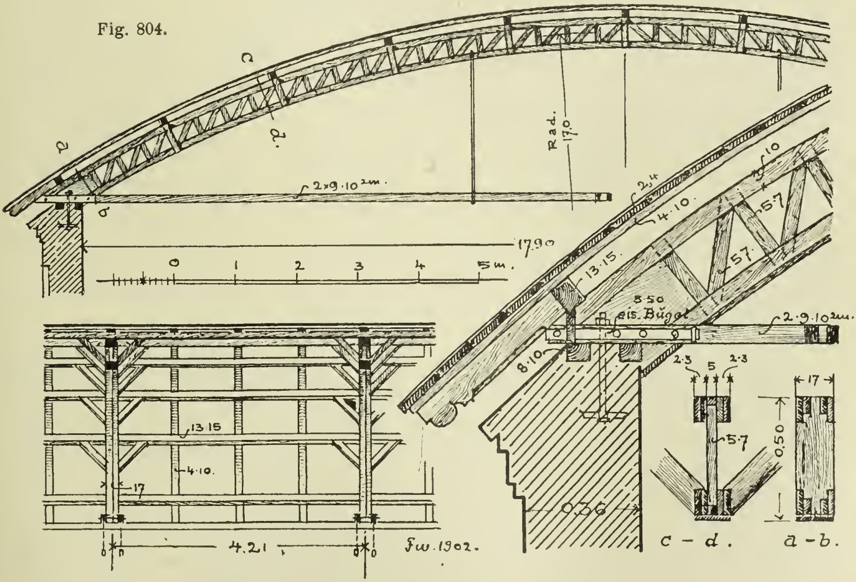
körper, dessen zwei äussere Bretter in ihrem oberen Theil die Stiele zur Aufnahme der geraden Wand ersetzen, während die drei mittleren die eigentlichen Bohlensparren bilden. Die Dachsparren bestehen aus zwei Brettern, die mittels besonderer Zungenstücke der Bohlenbogen mit einem offenen Mittelraum von 4 cm verbolzt sind. Im Längsschnitt sind wagrecht die Bretter zur Annagelung der Wandschalung gezeigt; sie ruhen auf seitwärts vernagelten Brettabschnitten, und werden gegen Durchbiegung durch die darüber genagelten Diagonallatten versteift. In ähnlicher Anordnung war auch die Halle der Ausstellung in Leipzig konstruirt.*)

Fig. 803.



Weniger zweckmässig und anwendungsfähig haben sich die Emy'schen Bohlenbögen erwiesen. Fig. 799d zeigt zwar, bis zu welcher noch bedeutenderen Spannweite dieselben verwendbar sind; indessen ist die Ausführung unver-

Fig. 804.



*) Dtsche. Bauztg. 1897, S. 594.

hältnissmässig kostspielig und das Biegen der Bohlen auf Schablonen sehr umständlich. Neuerdings ist indessen das System dennoch wieder in Aufnahme gekommen. Ein Beispiel dafür bietet sich in dem, in Fig. 801 dargestellten, 25 m weitgespannten Dach der Turnfesthalle in Darmstadt.*) Hier waren 12 theils 2,5, theils 3 cm starke Bretter von 15 cm Breite zu einem Bohlenbogen von 50 cm Stärke für 2,25 m Binderentfernung vereinigt und ergaben eine Halle von 22,8 m Firsthöhe.

Ausserdem hat man auch noch Verbindungen des flachliegenden Bohlenbogens mit dem hochkantigen ausgeführt. Einen gelungenen Versuch dieser Art zeigt Fig. 802 an dem Dach der Hofräume der französischen Abtheilung der Wiener Ausstellung von 1873. Es wurde aus verbolzten Bohlen ein Bohlenbogen nach de l'Orme's System hergestellt und indem man diesen als Lehre benutzte, mit Leichtigkeit eine doppelte Brettlage nach dem Emy'schen System auf Ober- und Unterseite hinzugefügt. So entstand ein I förmiger Querschnitt von grosser Steifigkeit auch gegen seitlichen Schub; die Spannweite war 18 m. Zwischen den Bogenbindern ist das gerade Dach einfach mit hochkantig gestellten Brettern (als Pfetten) konstruirt.

Fig. 805a.

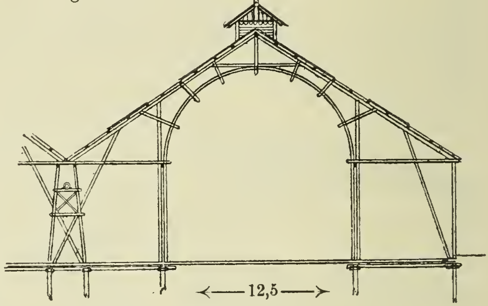
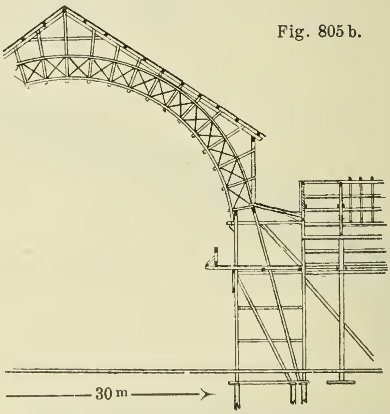


Fig. 805b.



Für Gebäude vorübergehenden Zweckes, Fabrikschuppen usw., ergiebt die Bogenform oft die billigsten Dächer. Man stellt sie dann aus einfach vernagelten Brettern oder Dachlatten her. Fig. 803a zeigt ein bei der Norddeutsch. Jute - Spinnerei und Weberei bei Hamburg in mehreren Spannweiten ausgeführtes Dach aus 2 cm starken Brettern. Die Schalung ruht auf Pfetten und die Binder stehen in Entfernungen von 3 bezw. 4 m. Fig. 803b zeigt das Drei - Lattendach des Zimmermeisters Schwager in Berlin. Die 4/6,5 cm starken Latten sind einfach übereinander genagelt; in kurzen Abschnitten dienen ebensolche Latten für die Aussteifung. Jedes Gebinde ist hierbei als Lehrgebinde gedacht.

Eine vollkommenere Ausbildung ist diesen Fachwerkbogendächern neuerdings durch den Zimmermeister Philipp Stephan in Düsseldorf zutheil geworden, der mittels seiner gesetzlich geschützten Anordnung Spannweiten von 12 bis 40 m überdeckt und hierbei neben billigem Preis ein so zierliches Aussehen der Bogendecken erreicht, dass dieselben schon vielfach für Reithallen, Exerzierhäuser, Säle usw. Verwendung gefunden haben. Fig. 804 zeigt die Einzelheiten dieser Konstruktion für die 17,9 m weite Exerzierhalle in Neu Ruppin. Der Fachwerkträger ist im Gurt aus 5 cm und vier 3 cm starken Brettern zusammengesetzt und mittels 5 zu 7 cm starker Latten ausgesteift. Den Zug nimmt eine Verankerung aus zwei 9 zu 10 cm starken Hölzern auf. Die Verankerung des Auflagers ist aus der Abbildung ersichtlich. Die Binder sind in Abständen von 4,70 m an-

*) Vergl. auch Dtsche. Bauztg. 1893, S. 577.

geordnet und tragen Pfetten, die 2 m von einander entfernt liegen. Die hauptsächlich durch das Patent betroffene Eigenart des Daches besteht darin, dass auf diese Pfetten 4 cm starke Bretter vernagelt werden, die dank der Krümmung imstande sind, die Sparren zu ersetzen und die Dachschalung aufzunehmen. Jede Einzelheit dieser trefflich durchgebildeten Konstruktion ist statisch zuverlässig bestimmbar, so dass der Ausführung auch für bleibende Zwecke nichts entgegen gestellt werden kann.

Zwei anderweite Beispiele von Bogendächern bieten die Maschinenhalle und die Haupthalle der Nordischen Ausstellung des Jahres 1888 zu Kopenhagen, Fig. 805a und b. Das Dach der Maschinenhalle, 25 m weit gespannt, zeigt im 12,5 m weiten Mitteltheil einen Bohlenbogen und bietet auch im übrigen ein Beispiel einer recht geschickt entworfenen Konstruktion. Für die Ueberdachung der Haupthalle von 30 m Weite, Fig. 805b, sind bogenförmige Fachwerkträger verwendet worden, welche etwa 1,5 m Höhe haben; sie ruhen auf vorspringenden Wandausbauten, in welchen zur möglichst unmittelbaren Aufnahme der Last der Bögen Streben angeordnet sind. Eine ähnliche Anordnung zeigte auch die Halle der Ausstellung in Stockholm.*)

Fig. 806.

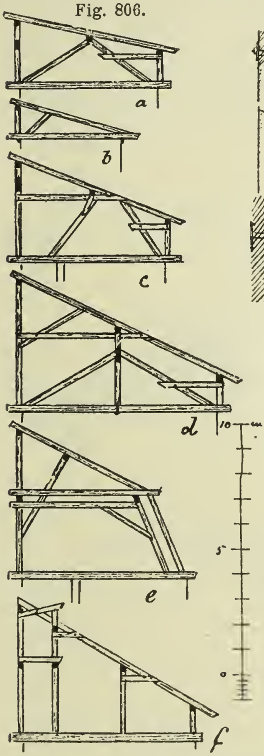


Fig. 807.



b. Pultdächer.

Erhält ein Dach nur an einer Seite eine Traufe, so heisst es Pultdach. Wegen der einseitigen Kraftwirkung ist es besonders gegen Schub zu konstruiren. Pultdächer kommen ebenfalls mit geraden und mit gebrochenen Dachflächen vor; für sie ist besonders der liegende Stuhl sehr geeignet. Fig. 806 zeigt einige entsprechende Konstruktionen. Bei *a* und *b* übertragen die liegenden Stuhlsäulen den Druck ganz an die Enden der Balken; man wird indess gewöhnlich die Stuhlsäule wie bei *c* einrücken müssen, um einen Durchgang frei zu lassen; bei *d* ist die Einfügung eines einfachen Hängewerks gezeigt. Grössere Konstruktionen wird man nach den bei den Satteldächern gegebenen Beispielen leicht zusammen stellen können. Ein Mansarden-Pultdach zeigt Fig. 806*e*; ein solches mit Einfügung einer geraden Wand ist bei *f* dargestellt; letzteres findet zuweilen für Gewächshäuser Anwendung. Für ganz flache Pultdächer gilt dasselbe, was auf Seite 271 über Plateaudächer gesagt ist. Die Konstruktion braucht dann nur in Pfetten und Stielen mit Kopfbändern zu bestehen; doch ist stets auf grössere Sparrenstärke Bedacht zu nehmen.

Es erübrigt noch die freitragenden Pultdächer zu erwähnen, welche bei Perronanlagen, Unterfahrten, Vorhallen usw. vorkommen, aus Holz aber stets nur in sehr kleinen Abmessungen zur Ausführung gebracht werden. Fig. 807 zeigt, wie die nothwendige Verankerung sowohl am hinteren wie vorderen Ende des Sparrens, oder auch an einem kehlbalkenartigen Holz angreifen kann. Ein senkrechtes Sattelholz mit Strebeband nimmt einen Theil des Druckes auf.

c. Sägen- oder Sheddächer.

Bei ausgedehnten Fabrikgebäuden und ähnlichen Anlagen, wo grosse Werkstätten in einem Geschoss vereinigt sind, genügt für eine gute und immer gleichmässige Beleuchtung das Seitenlicht nicht, und es hat sich daher eine besondere

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1897, Seite 465.

Art von Dächern heraus gebildet, welche man Sägen- oder Shed-, auch Parallel-Dächer nennt. Dieselben sind, indem sie nur den nothwendigsten Raum umschliessen, zugleich billiger in der Herstellung als irgend eine andere Dachform. Die Flächen zum Einfall des Lichtes müssen, um zerstreutes Licht zu erhalten, nach Norden gekehrt werden. Ihre Grösse ist auf mindestens $^1/_6$ der Grundfläche des zu erleuchtenden Raumes anzunehmen. Der beste Neigungswinkel hat sich für die Lichtflächen im allgemeinen zu 60—70⁰ heraus gestellt. Da die andere Dachfläche eine Neigung von 20—30⁰ erhalten wird, so kann man gewöhnlich am First einen rechten Winkel erzielen. Fig. 808 zeigt verschiedene Ausführungen von Sheddächern. Die ältere bei a dargestellte wird, weil sie leicht zu Undichtigkeiten Anlass giebt, kaum noch angewendet. Ausserdem ist auch die Axentheilung für die meisten Arbeitsbetriebe zu klein. Fig. 808 b, c und d zeigen die gebräuchlichsten Konstruktionen, entweder nur in Holz, oder in Holz mit Eisen. Im Längsverband werden die Säulen in Abständen von 5—6 m gestellt. Die durch Wellenleitungen usw. hervor gebrachte zitternde Bewegung ist sehr zu berücksichtigen. Sind die Dächer zu lang, um das Regenwasser nach den Enden hin sicher abzuführen, so leitet man dasselbe in die mit Leitungsanschluss zu versehenden eisernen Säulen, oder führt es, wie bei d, in Blechrohren ab, die zwischen den verdoppelten Holzstielen Platz finden. Wegen der Reinigung der Glasflächen ist es stets nothwendig, die Rinnen begehbar, und von hinreichender Breite zu machen. Fig. 809 giebt eine Einzeldarstellung des Anfallpunktes für das Dach Fig. 808c. Falls man gusseiserne Rinnen von der Länge der Säulen-Abstände verwendet, kann ein Holz, wie es zur Unterstützung der Blechrinne erforderlich ist, fortbleiben. Bei grösseren Spannweiten als 9—10 m werden diese Dächer nur noch in Eisenkonstruktion hergestellt. Hierbei können durch einen quer über den First geführten Obergurt die Sparren der Sheddächer zur Bildung

Fig. 808.

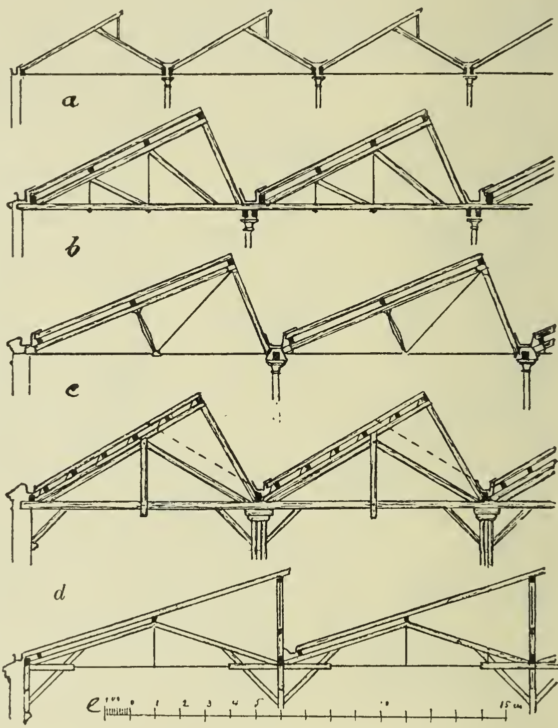


Fig. 809.

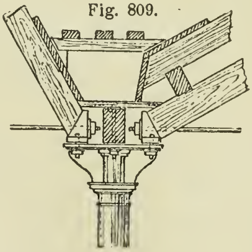
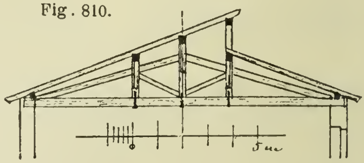


Fig. 810.



eines Fachwerkträgers benutzt werden, sofern es darauf ankommt den Unterraum frei von Vertikalstützen zu konstruiren. Ein solches Dach ist 1896 mit etwa 25 m Spannweite von Ingen. Hagn für die Gummifabrik Calmon in Hamburg ausgeführt.

Fig. 808e zeigt ein Dach mit senkrechten Lichtflächen. Diese Anordnung ist mitunter dadurch begründet, dass nicht die ganze Fläche für Glas ausgenutzt zu werden braucht, und man den unteren Theil oder einige Felder in ganzer Höhe mit Fachwerk zu schliessen wünscht. Die Anordnung bringt indess mehrere kleine Uebelstände mit sich. Beträgt die Breite des ganzen Raumes nicht über 10—15 m, so bietet sich in dem sogen. modifizirten Sheddach, Fig. 810, eine vielfach empfehlenswerthe Anordnung. Die nördliche Hälfte des Raumes wird mittels Seitenlicht, und nur die südliche Hälfte mittels Oberlicht erleuchtet. Das Licht im Raum ist also nicht einheitlich; doch ist andererseits eine Mittelrinne entbehrlich.

Bei der Ausführung von Sheddächern ist zu beachten, dass dieselben unterseitig verschalt und zur Warmhaltung des Raumes auch fast immer mit einer Zwischendecke zwischen der zweiseitigen Dachschalung versehen werden müssen. Will man an den Fronten der Shedbauten die immerhin unschöne Form der Dächer vermeiden, so lässt man die Lichtfläche erst ein paar Meter hinter der Front beginnen, und bildet letztere mit Giebeln aus (in Fig. 808d punktirt angedeutet).

d. Zelt- und Thurmdächer.

Endigen die Grate eines allseitig abgewalmten Daches in einem Punkt, so entsteht ein Zeltdach. Der Grundriss kann hierbei ein Quadrat, Rechteck, Vieleck

Fig. 811.

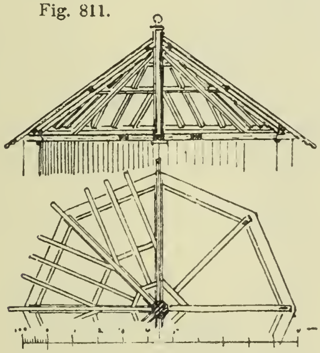
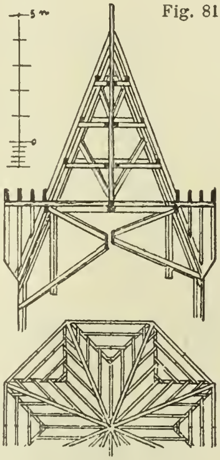


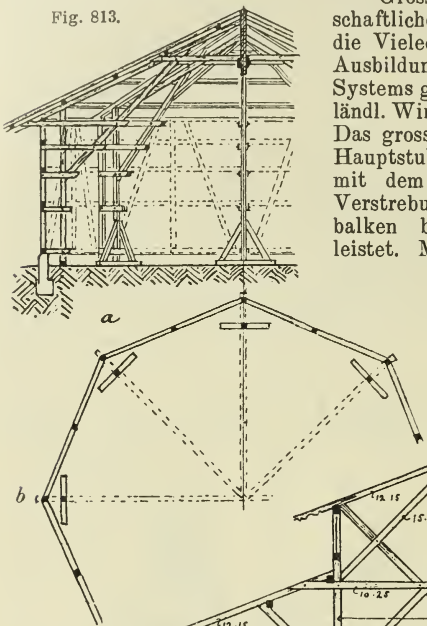
Fig. 812.



oder Kreis sein; in letzterem Falle entsteht ein Kegeldach. Giebt man einem Zeltdach durch Auffütterung mit willkürlich gekrümmten runden Hölzern eine geschweifte Gestalt, so nennt man das Dach ein Haubendach. Der Verband der Zeltdächer ist demjenigen der Satteldächer ähnlich; nur dass die Binder hier unter den Graten stehen und statt des Längsverbandes ein Verband gegen die Möglichkeit einer Drehung ausgeführt werden muss. Zeltdächer erhalten im allgemeinen so viel Grate, wie der Grundriss Ecken hat, und es muss bei grösserer Anzahl der Ecken besonders darauf geachtet werden, dass bei mehrfachen Ueberschneidungen kein Holz mehr als um $^1/_2$—$^1/_3$ geschwächt wird. Fig. 811 stellt ein einfaches Zeltdach mit Hängewerk dar. Der Grundriss zeigt links, wie von vier Ecken aus die Binder überschnitten sind, und von vier anderen Ecken aus durch Wechsel aufgenommen werden. Auch bei kleineren Zeltdächern ist die mittlere Ueberschneidung der Balken durch eine Hängesäule zu sichern. Ein Zeltdach ohne durchgehenden Balken in der Höhe der Traufe zeigt Fig. 812 von der Taufkapelle der Nikolaikirche in Hamburg entnommen. Alle acht Doppelzangen durchkreuzen sich hier, was durch wechselweise Höhersetzung des unteren Angriffspunktes erreicht ist, ohne grössere Ueberschneidung als die halbe Holzstärke. Oberhalb der Zangen befinden sich acht Spannriegel unter den

Hauptstreben, auf denen die 8 Firstpfetten für die Giebelfronten ruhen. Der Punkt, an dem die Mittelüberschneidung stattfindet, ist an einer Hängesäule aufgehängt.

Fig. 813.



Grössere Zeltdächer kommen bei landwirthschaftlichen Bauten vor, wo es hauptsächlich die Vieleck-Scheunen sind, die Gelegenheit zur Ausbildung eines besonderen Konstruktions-Systems gegeben haben. Fig. 813 (Wanderley, ländl. Wirthschaftsgeb.) zeigt ein Beispiel hierfür. Das grosse Dach wird in jeder Ecke von einer Hauptstuhlsäule aufgenommen, welche zusammen mit dem Eckstiel der Fachwerkwand durch Verstrebung eine Art von aufrechtem Gitterbalken bildet, der dem Schub Widerstand leistet. Man wählt die Seitenlängen gewöhnlich

Fig. 814.

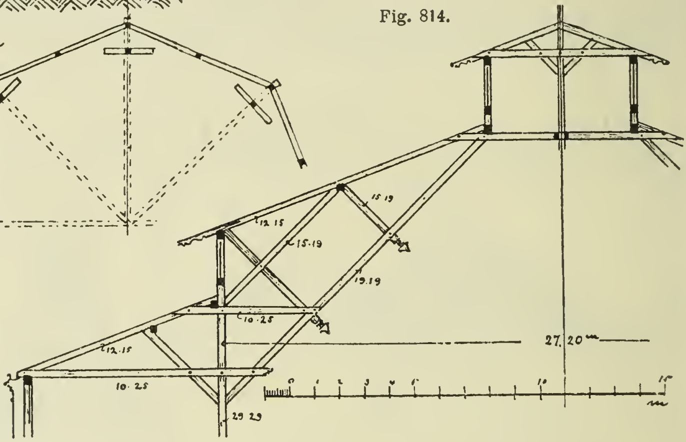
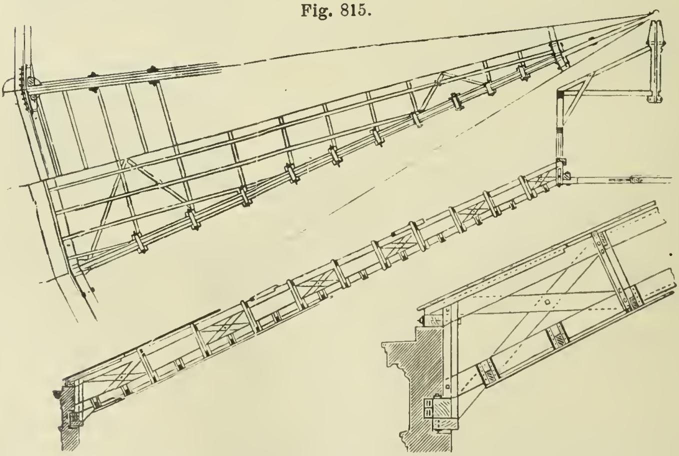


Fig. 815.



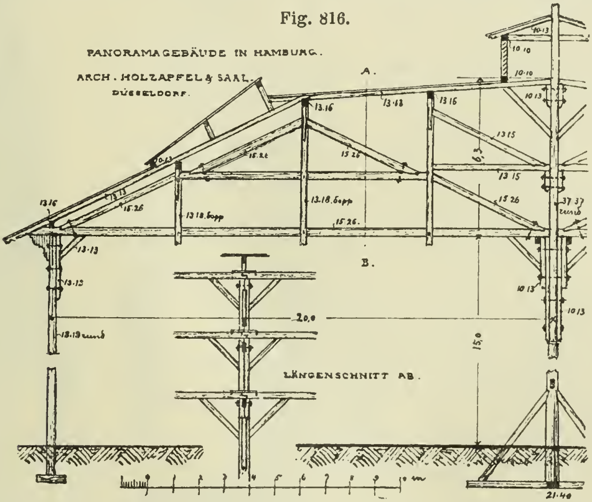
nicht grösser als 6 m, damit die Pfetten sich noch frei tragen können. Noch grössere Dächer sind für Zirkus und ähnliche Gebäude erforderlich. Fig. 814 zeigt einen Binder von dem Zeltdach des früheren Zirkus Renz in Hamburg der im Grundriss zwölfeckig ist. Für noch grössere Dächer gestaltet man am zweckmässigsten die Sparren als Gitterträger. Fig. 815 zeigt das Profil einer

derartigen Ausführung. Die im Grundriss dargestellten liegenden Andreaskreuze sind nothwendig, um einer Drehung entgegen zu wirken. Weitere Anwendungen derselben zeigt der grosse Zirkus- und Dioramabau in Leipzig.*) Eine sehr geschickte Verbindung von Holz- und Eisenkonstruktion enthielt ferner die grosse Festhalle der Gartenbau-Ausstellung in Hamburg.**)

Abweichend von diesen Beispielen haben in neuerer Zeit die grossen Panoramen-Bauten Gelegenheit zur Herstellung sehr weit gespannter Zeltdächer gegeben, bei denen eine Mittelunterstützung angebracht werden darf. Fig. 816 stellt den Querschnitt eines Panorama-Gebäudes von 40 m Durchmesser dar, das in Hamburg 1882 erbaut wurde, 1901 indessen wieder abgebrochen ist. Der Mittelstiel am Zopfende 37/37 cm stark, nahm auf angebolzten Hölzern alle 20 Binder auf, die als Hängewerke ausgebildet waren. Ein Theil des Längsschnittes mit dem Verband der drei, übereinander liegenden Pfetten und den Spannbalken zwischen den verdoppelten Hängesäulen ist beigefügt.

Bezügl. der Konstruktion von Kegeldächern ist nur hinzu zu fügen, dass die Pfetten aus krummen oder gebogenen Hölzern beschafft werden müssen; anderenfalls lassen sich dieselben nur durch dreifach zusammen gebolzte Bretter

Fig. 816.



ersetzen, die nach dem Krümmungshalbmesser ausgeschnitten sind. Im übrigen sind alle Anordnungen ähnlich denjenigen der beschriebenen Zeltdächer.

Steigert sich die Höhe des Zeltdaches zu einem Mehrfachen der Grundlinie, so nennt man das Dach ein Thurmdach. Zur Konstruktion derselben bediente man sich früher vielfach des sogen. Kaiserstiels, der, wie Fig. 817 zeigt, in der Mittelaxe des Thurmes durch die ganze Höhe desselben reicht und in jedem Geschoss zwischen kreuzweis über einander liegenden Balken, sogen. Balkenschlössern befestigt ist. Da sich statisch nachweisen lässt, dass ein Ueberkippen des Thurmes auch unter ungünstigen Verhältnissen nicht leicht zu befürchten steht, so ist der einzige Vortheil der Konstruktion, die feste Verbindung zwischen Thurm und Mauerwerk, überflüssig und es kommen nur ihre Nachtheile zur Geltung, welche zunächst in dem sehr grossen Holzaufwand, in der völligen Verbauung des Innenraumes sowie ferner darin bestehen, dass durch die feste Konstruktion die elastische Bewegung des Thurmes ausgeschlossen ist, die ihn gegen starken Wind widerstandsfähig macht. Infolge dessen muss durch den verlängerten Kaiserstiel ruckweise die Zerstörung des unteren Mauerwerks herbei geführt werden.

*) Dtsche. Bauztg. 1888, S. 153.
**) Dtsche. Bauztg. 1897, S. 509.

Bei besseren Thurmkonstruktionen wird daher alle Vorsicht nur darauf verwendet, auf dem abgeglichenen Mauerwerk einen unverschiebbaren Schwellenkranz fest zu legen, und mittels liegender Andreaskreuze einer etwaigen Drehung entgegen zu wirken. Balkenlagen in Höhen von 4—5 m theilen dann die einzelnen Thurmgeschosse, während nur in dem obersten Theil zur Aufnahme der langen Schmiegeflächen der Gratsparren ein kurzer Kaiserstiel eingefügt wird. Fig. 818 zeigt diese Anordnung. Die Schwellen müssen auf das vorzüglichste vom Mauerwerk isolirt und dem Luftzug zugänglich gemacht werden, da sie, im Fall sie anfaulen, nur mit erheblichen Schwierigkeiten ersetzt werden können. Die Wichtigkeit dieser Bedingung erhellt augenfällig aus dem am 14. Mai 1886 infolge der morsch gewordenen Schwellen umgestürzten Helm des Marienkirchthurmes in Krossen a. O.*) — Auf den Schwellen ruht die erste Balkenlage; man kann ebensowohl zwei Hauptbalken diagonal durch die Mitte führen, als letztere frei halten zum Aufwinden von Gegenständen, oder für einen Treppengang. Dann ergiebt sich die Balkenlage, Fig. 818 im Grundriss. Es müssen hierbei die Gratsparren allerdings schief eingelocht werden; doch liegt in diesem Umstande bei der steilen Thurmneigung keine besondere Schwierigkeit. Soll bei grösseren Thürmen das Ueberschneiden der Balken vermieden werden, so legt man zwei Balkenlagen kreuzweise über einander und giebt der einen am Ende verzahnte Unterschieblinge und der anderen Aufschieblinge. Indem man jetzt für jedes Geschoss zuerst die geneigten Andreaskreuze richtet, und dann die nächsten Balken legt, lässt sich der ganze Thurm ohne weiteres Gerüst richten. Von besonderer Bedeutung ist hierbei aber die Sicherung des Thurmes gegen Sturm während der Bauzeit, bis er vollständig verschalt ist und alle Verbände gehörig fest angebracht sind. Ein trauriges Beispiel für ein während dieser kurzen Bauperiode vorgefallenes Unglück giebt der Absturz des Mathias-Kirchthurms in Berlin.**)

Fig. 817.

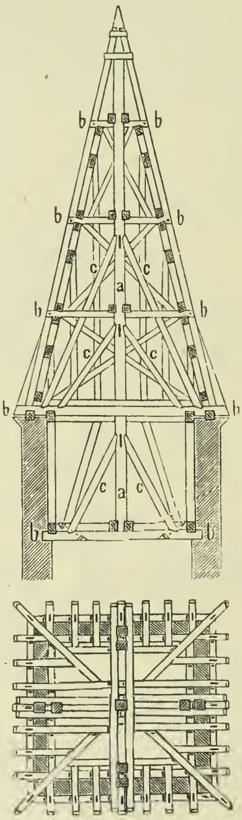
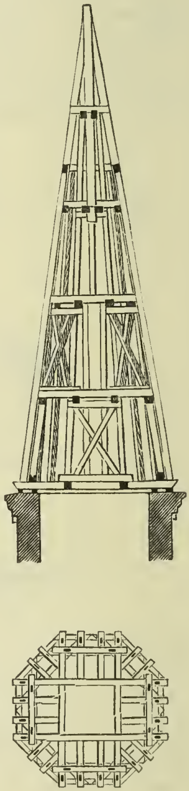


Fig. 818.



Für die äusserste Helmspitze müssen an den oberen Kaiserstiel so viele Seiten gehobelt werden, wie der Thurm Ecken hat und an ihm werden die langen Eisenfedern von Kreuz und Fahne befestigt. Sein unteres Ende sichert man gewöhnlich mittels eines Balkenschlosses; doch ist letzteres auch entbehrlich, wie später Fig. 831 an der sehr schlanken Spitze des Michaelis-Thurmes in Hamburg zeigt.

Neuerdings bieten die Holz-Eisenkonstruktionen ein Mittel zu noch namhaft einfacherer Ausbildung von Thurmhelmen. Fig. 819 zeigt als Beispiel hierfür

*) Centralblatt d. Bauverw. 1892, S. 114. — **) Dtsche. Bauztg. 1895, S. 382 u. 477.

den Thurm der Kirche zu Apolda von Prof. Otzen. Hier ist die Lage des unteren Schwellenkranzes ohne Balkenlage, nur mittels eines Ankersternes gesichert; für die Sparren sind eiserne Schuhe vorgesehen, und starke Laschen verbinden dieselben mit den unteren Streben. Indem letztere in die Ebene der Sparren selbst hineingerückt sind, gestaltet sich der Innenraum nochmals wesentlich freier. Sie finden ihre Angriffspunkte zwischen den in regelmässigen Abständen zur Aussteifung der Gratsparren wagrecht eingeführten Hölzern, welche ihrerseits wieder die Balkenlagen aufnehmen. Hierdurch ist es zugleich ermöglicht, die langen Sparren aus einzelnen Stücken Hirnholz auf Hirnholz über einander zu verblatten, ohne dass Langholz die Stossflächen trennt.

Fig. 819.

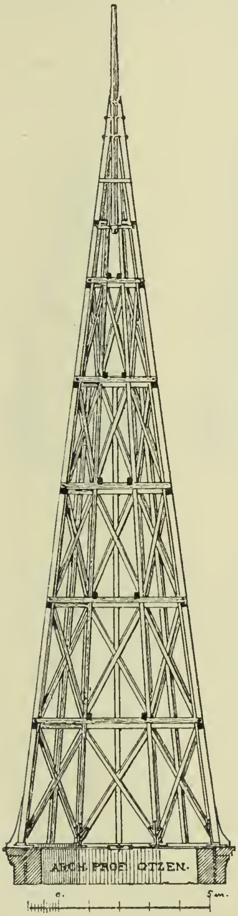
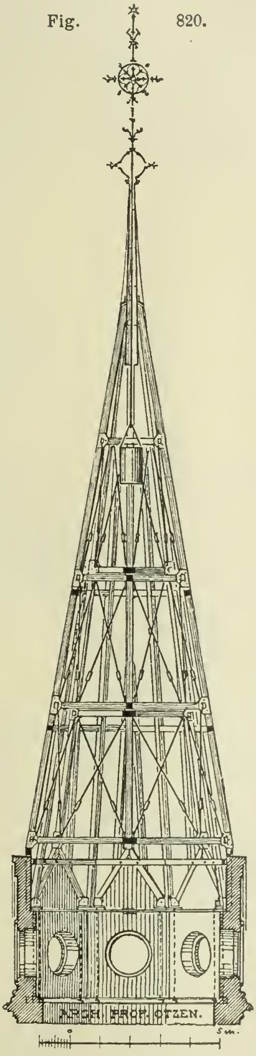


Fig. 820.



Bei dem in Fig. 820 dargestellten Thurm der Reformationskirche in Wiesbaden, ist Otzen noch einen Schritt weiter gegangen. Die Holzverstrebungen sind gänzlich fortgeblieben und durch nachziehbare Eisenstangen ersetzt, zu deren Angriffspunkten eiserne Lappen dienen, die an grosse mit den Sparren verbolzte Blechplatten genietet sind. In diesen Blechplatten ruhen gleichzeitig, ebenfalls nur auf eisernen Bolzen, die Balkenlagen des Thurmes.

Im unteren Theil zeigt die Abbildung, wie nur die Hälfte der Sparren auf der Mauer selbst aufruht. Die andere Hälfte findet ihren Stützpunkt in eisernen Schuhen oberhalb der Giebelsparren. Zur Aussteifung sind die letzteren kurz darunter mit einem Pfettenkranz verbolzt. — Ebenso bemerkenswerth ist die obere Endigung der Helmspitze, die besonders schlank auslaufen sollte, was in Holzkonstruktion schwierig gewesen wäre. Otzen hat deshalb ein konisches 6 m langes, aus Eisenblechplatten vernietetes Rohr herstellen lassen, an dieses ist ein Eisenkranz genietet, gegen den die Thurmsparren stumpf auslaufen. Der Knopf ruht auf dem oberen Ende des Rohres und das 5 m hohe Kreuz ist mittels eines Gegengewichtes an doppelt so langer Stange so ausbalanzirt, dass es dem Winddruck bis zu gewissem Grade elastisch nachgeben kann.

Die hiermit beschriebenen Thurmkonstruktionen lassen sich grundsätzlich ebenso wie für pyramidenförmige Helme auch für Thürme in Barockformen zur Anwendung bringen, indem die gewünschten Krümmungen der äusseren Erscheinung durch Bohlsparren hervorgebracht werden, die man mittels Zangen auf den im übrigen durchgehenden Gratsparren befestigt. Fig. 821 zeigt als Beispiel die Konstruktion des Dreifaltigkeits-Thurmes in Hamburg, 1743 erbaut von Arch. Prey. Derselbe hat einen hohen Unterbau mit senkrechten Wänden, ein Kuppeldach, innerhalb dessen Höhe die Pfosten der darüber befindlichen, offenen Durchsicht ihre Verstrebung finden und eine Helmspitze mit Bohlenauffütterung. Ein anderes Beispiel eines solchen Thurmes, bei dem u. a. auch eine Galerie ausgekragt ist, giebt Fig. 822 von einem in Altona ausgeführten Privathause.

Fig. 821.

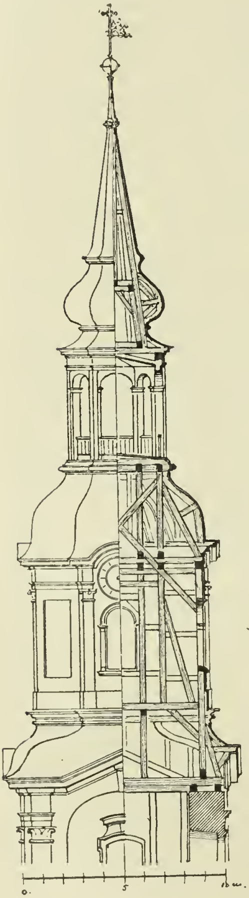


Fig. 822.

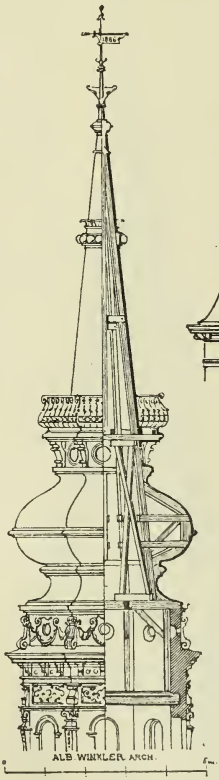


Fig. 823.

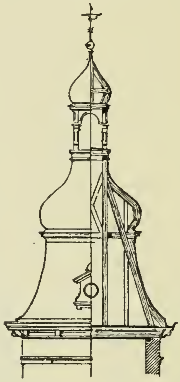
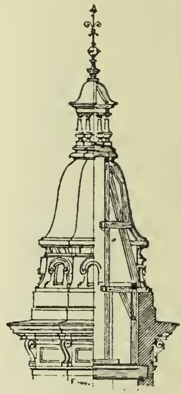


Fig. 824.



Bei kleineren derartigen Thürmen, wie sich solche häufig aus Mansardendächern heraus heben, ergiebt sich die Konstruktion fast unmittelbar aus der äusseren Erscheinung, wie dies die Beispiele Fig. 823 und 824 leicht erkennen lassen. Da der Innenraum solcher kleinen Thürmchen gewöhnlich gar nicht zugänglich gemacht zu werden pflegt, so kann man die Tragepfosten bis auf die untere Balkenlage hinabführen, durch die Sparren selbst oder durch Kopfbänder gehörig verstreben und die übrigen Theile durch Zangen sichern.

Soll das Thürmchen sich aus dem First eines Daches erheben, so lässt man es mittels Schwellen auf einer Kehlbalkenlage ruhen, auf welcher es des weiteren mittels Zangen oder Strebebändern befestigt werden muss, Fig. 825 giebt den in dieser Weise angeordneten kleinen Thurm eines Stallgebäudes. Grössere Dachweiten erfordern naturgemäss sehr vorsichtige Konstruktion und ihre Verstrebungen führt man gern bis auf die Hauptbalkenlage hinunter. Es ist aber auch bereits versucht, sie mittels eiserner Schuhe unmittelbar auf den Sparren des Daches

ruhen zu lassen, wie dies in Fig. 826 an dem von Prof. Vollmer erbauten sehr schlanken Thurm der Eilbecker Kirche bei Hamburg gezeigt ist. Den unteren Theil dieses Thurmes bilden zwei entsprechend stärkere, strebenartig bis über

Fig. 826.

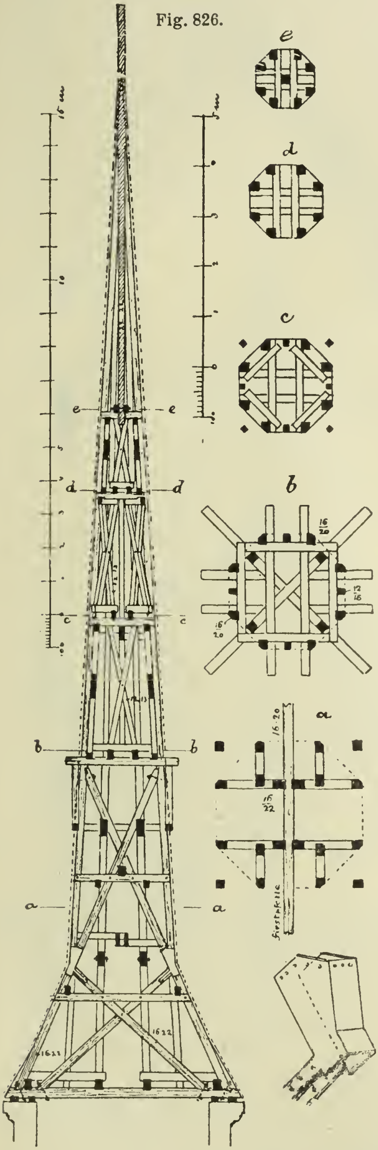
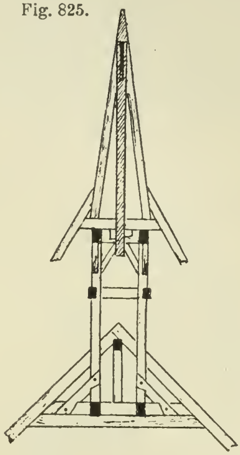


Fig. 825.



den First verlängerte Sparrengebinde, bei denen aber zu berücksichtigen ist, dass sie nicht in einer senkrechten Ebene, sondern, der Thurmneigung folgend, schräg gestellt werden müssen. Die durchgehende fest eingeschlossene Firstpfette giebt Sicherheit gegen Längenverschiebung. Zur Aufnahme der Thurmsparren sind an die Tragesparren und ihre unteren Streben eiserne Schuhe verbolzt. Auch nach der Längsrichtung des Daches müssen die Thurmsparren mittels Streben gefasst werden, deren Angriffspunkte aber derartig zu versetzen sind, dass keine Ueberschneidungen entstehen. Zur Erläuterung der Grundrisse sei noch hinzugefügt, dass die in der Fig. b verlängerten Gratbalken kleine Eckthürmchen tragen, deren Helmspitzen im Grundriss c angedeutet sind.

Für Thurmdächer sind die Holzstärken weniger wichtig als Genauigkeit beim Abbinden, da sonst das Richten der langen sich ungemein spitz verschneidenden Hölzer unmöglich wird. Die langen Schmiegeflächen der Gratsparren können am oberen Ende besser mit einem aufgetriebenen eisernen Ring, als mittels Nagelung zusammengebracht werden.

e. Kuppeldächer.

Kuppeldächer lassen sich über denselben Grundrissformen errichten, wie Zeltdächer. Die Grate einer Kuppel über polygonalem Grundriss nennt man Rippen. Am einfachsten lassen sich Kuppeln aus Bohlensparren konstruiren.

Sie bedürfen dann ebenso wenig, wie die Bohlendächer, einer besonderen Mittelunterstützung. Bei Fig. 827 sind die Sparren unten auf einer rings herum laufenden Schwelle verkämmt. Steigert sich der Durchmesser, so müssen Verstrebungen hinzugefügt werden, wie dies Fig. 828 an dem Beispiel der Kuppel der Universität in Basel gezeigt ist.

Fig. 828.

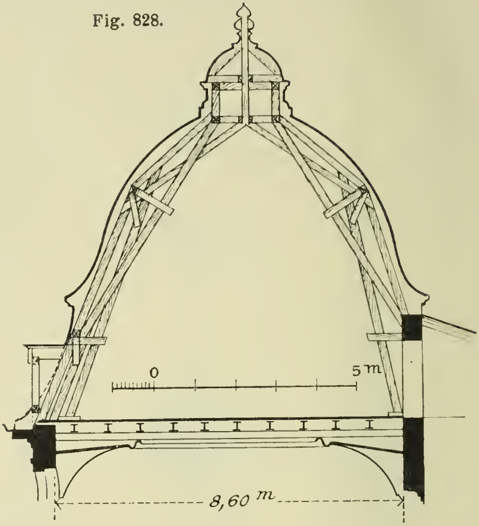
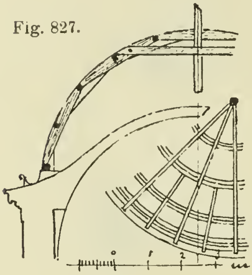


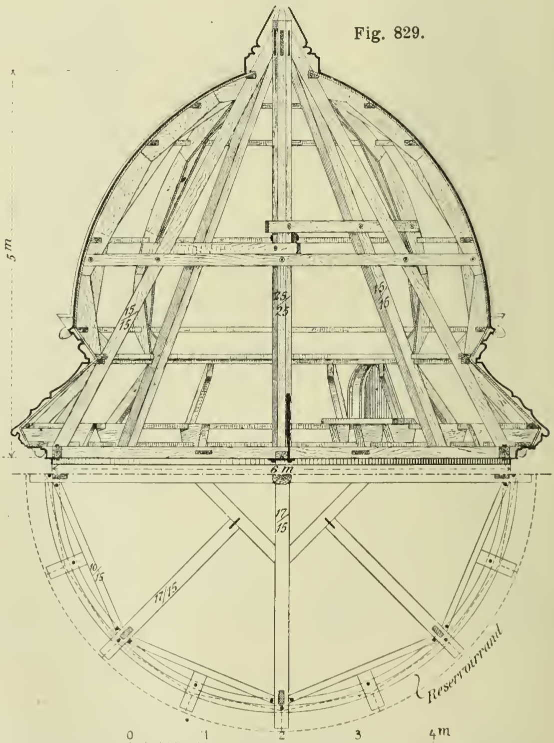
Fig. 827.



Die sehr bedeutende Spannweite, welche sich auf diese Weise überdecken lässt, zeigt die katholische Kirche in Darmstadt von Moller (Breyman, II. Theil, Bl. 56), die nahezu 33 m Durchmesser hat.

Ein anderes Beispiel giebt Fig. 829, welche das Kuppeldach des Wasserthurms der Berliner Stadt- und Ringbahn auf dem Bahnhof Charlottenburg darstellt. Die tragende Konstruktion entspricht hier derjenigen eines Thurmhelmes mit Kaiserstiel. Die Schwellen derselben ruhen unmittelbar auf dem eisernen Rand des Reservoirs. Die Kuppelform ist durch Bohlenbögen hergestellt, die noch durch wagrechte Zangen ausgesteift sind. Wagrechte Bohlenringe dienen zur Befestigung der Schalung.

Fig. 829.



Soll die Kuppel eine schwere Laterne tragen, so muss sie immer ein Hängewerk erhalten. Fig. 830

zeigt eine derartige Kuppel. Die Konstruktion enthält unten Sprengestreben, da in Traufhöhe keine Balkenlage gelegt werden konnte. Die Sparren bestehen aus Krummhölzern. Fig. 831 zeigt die 97 m über Geländehöhe errichtete Kuppel des Michaelis-Thurmes in Hamburg, welche auf acht freistehenden Säulen auf mehrfach verzahnten Trägern ruht. Die Sparren sind im unteren Theil aus starkem Eichenholz, aussen rund beschnitten, im oberen aus 10 cm starken Bohlen hergestellt. Zwei verkämmte Diagonalkränze, welche auf schräg gestellten Pfosten ruhen, sichern die Kuppel gegen Drehung, während rings herum im Längsverband durch eine zwei mal wiederholte Zwischenkeilung von $^{8}/_{16}$ cm starken Hölzern die 32 Kuppelsparren in ihrer Stellung erhalten werden. Die acht grossen Sparren der oberen Thurmspitze sind bis zur Kuppel - Grundfläche

Fig. 830 a u. b.

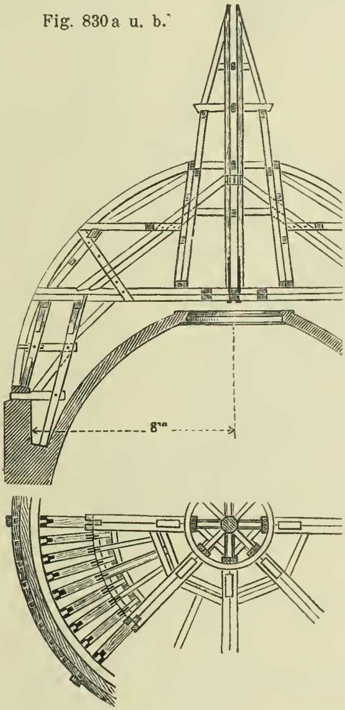
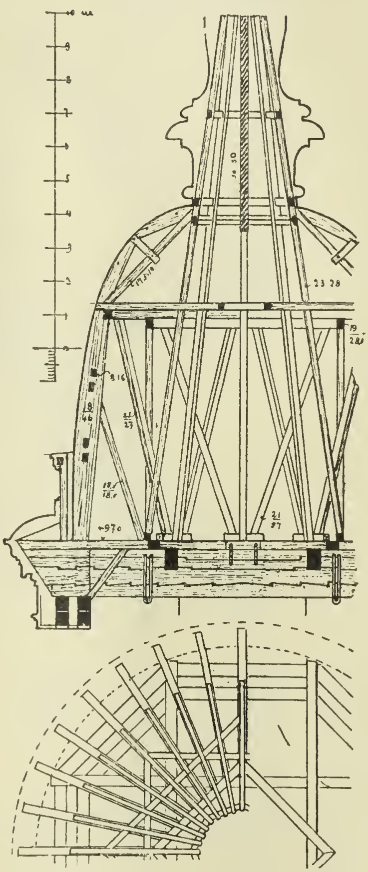


Fig. 831 a u. b.



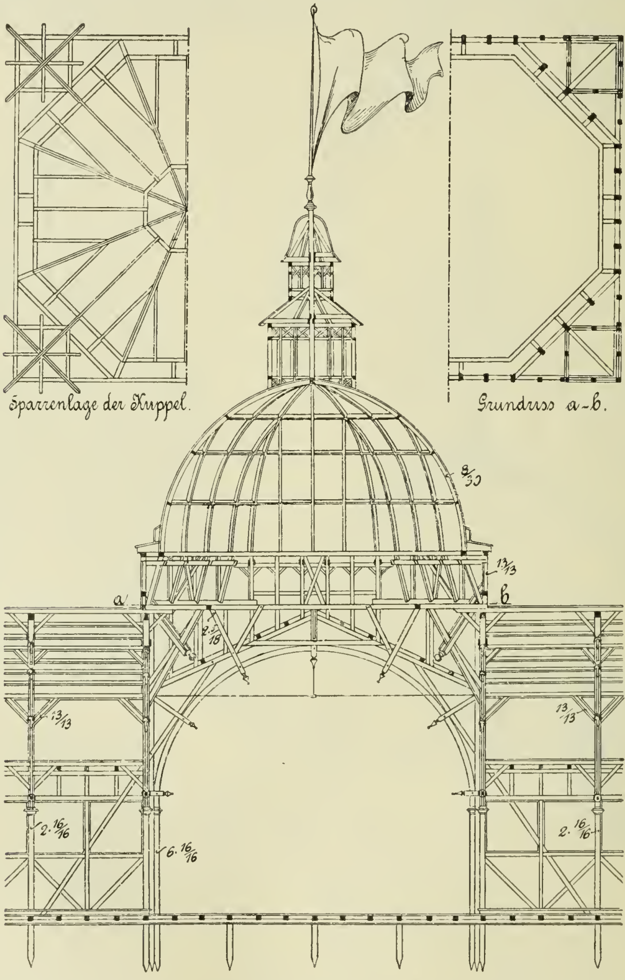
hinunter geführt, und haben die Länge von 21 m ohne weiteren Verband als die zwischengezapften kleineren Hölzer, welche die Figur zeigt.

Eine sehr zweckmässige Ausbildung zeigte die auf dem Hauptgebäude der Görlitzer Ausstellung 1885 errichtete Kuppel, die über viereckigem Grundriss mit leichter Abstumpfung der Ecken ausgeführt war; die Spannweite betrug 14 m und die Höhe bis zum Scheitel 26 m; ein kleines Zeltdach bildete die Spitze.*) Eine gute Kuppelkonstruktion zeigte auch die Mittelhalle der Ausstellung in Königsberg i. Pr., die wir in Fig. 832 darstellen.**)

*) Näheres siehe in Dtsche. Bauztg. 1885, S. 428
**) Dtsche. Bauztg. 1895, S. 405

Auf welche Art auch Fachwerkträger zu Kuppelkonstruktionen nutzbar gemacht werden können, zeigt Fig. 833 an einem Durchschnitt der Kuppel des Hauptgebäudes der Kopenhagener Ausstellung von 1888. Die Spannweite dieser Kuppel belief sich auf 26,5 m. Sie ruhte oberhalb der gleichfalls als Fachwerkträger konstruirten Hallenbögen auf einem 6 m hohen Tambour und trug eine in Eisen ausgeführte Spitzkuppel von 11 m Durchmesser und 8 m Höhe. Die Gesammthöhe

Fig. 832. Kuppelhalle des Hauptgebäudes der Ausstellung in Königsberg i. Pr.



bis zur Spitze dieser Laterne betrug 43 m. Wie die Figur ferner zeigt, war auch der Eingang mit einem Gitterbogenträger überspannt. Dieser besass eine Höhe von 2,5 m und hatte in der Mitte eine aussteifende Säumung erhalten.

VI. Glockenstühle.

Zum Aufhängen grosser Glocken bedarf es besonderer Gerüste, Glockenstühle genannt. Sie müssen einerseits den nöthigen Raum für die Schwingungen der Glocke gewähren und es muss andererseits ihre Konstruktion so eingerichtet

sein, dass auf die übrigen Bautheile keine schädliche Wirkung durch diese Schwingungen übertragen wird. Sie dürfen daher in Thürmen nicht sehr hoch aufgestellt werden, bezw. müssen sie, wenn dies durchaus erforderlich wird, durch ein tiefer hinabreichendes Gerüst die Last auf den unteren stärkeren Theil der Mauer übertragen. Ein Beispiel für einen derartigen Gerüstaufbau giebt der

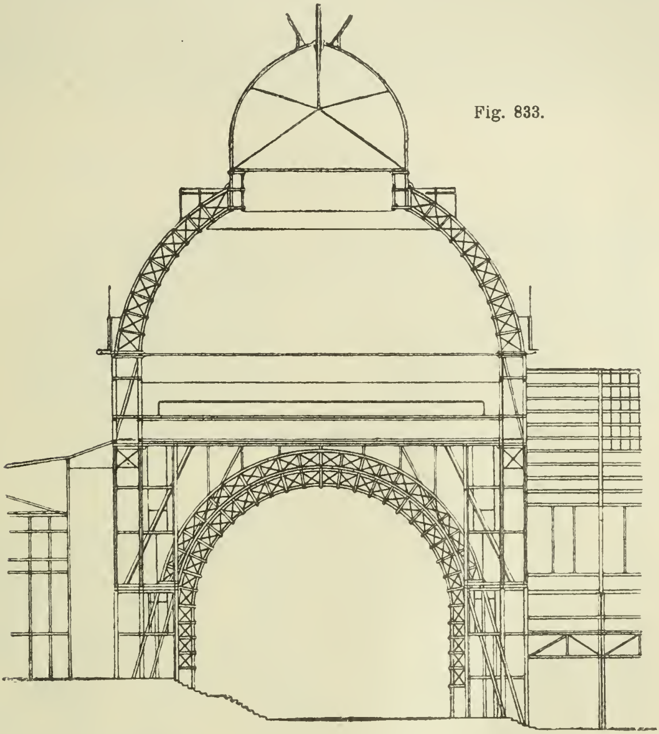
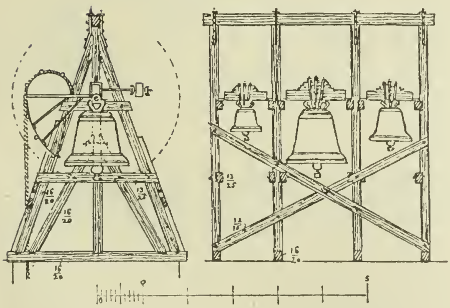


Fig. 833.

Fig. 834.



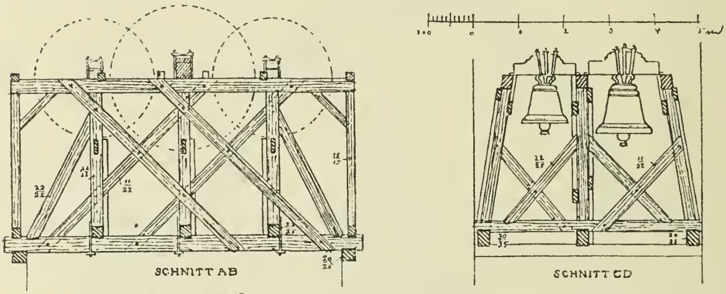
Glockenstuhl der Thomaskirche in Leipzig, welcher in Breymann's Konstruktions-Lehre II. Th. Bl. 97 dargestellt ist.

Zum Aufhängen der Glocken bedient man sich zweier an und für sich gleichwerthiger Stuhlsysteme. Fig. 834 zeigt das eine derselben. Die Glocken hängen hier zwischen starken Schrägstielen, welche oben durch einen kräftigen Holm verbunden sind, und durch lange Streben in ihrer Stellung erhalten werden. Durch die Streben wird zugleich ein Hängewerk gebildet, welches die Last der Glocken auf die Balkenenden überträgt. Nach dem zweiten System hängen die Glocken oberhalb des wagrechten Holmes, und die Strebenkonstruktion des Stuhles nimmt die Längsrichtung ein. Ein Beispiel hierfür zeigt Fig. 835 an dem kleinen Glockenstuhl der Eilbecker Kirche zu Hamburg. Die Hauptstreben sind hier

durch starke Bohlenzangen ersetzt, welche mit Vortheil an allen drei Stuhlpfosten angebracht werden konnten, während die Stellung der letzteren für Streben zu eng gewesen wäre.

Bei der Anordnung der Glocken ist es stets wünschenswerth, dieselben in nur einem Geschoss unterzubringen. Bei einer grösseren Anzahl von Glocken ist dies freilich nicht mehr möglich; hierzu sei auf den vorzüglichen alten Glockenstuhl des Freiburger Münsters für 13 Glocken, verwiesen.*) Oft aber hängt die Ausführbarkeit nur von der geschickten Anordnung ab. Ein Beispiel hierfür giebt Fig. 836 in dem Grundriss des Glockenstuhls der Nikolai-Kirche zu Hamburg, welche sechs Glocken von sehr beträchtlicher Grösse hat; es ist hier sogar erreicht worden, dass die Mitte für eine Windenluke frei geblieben ist.

Fig. 835 a, b u. c.



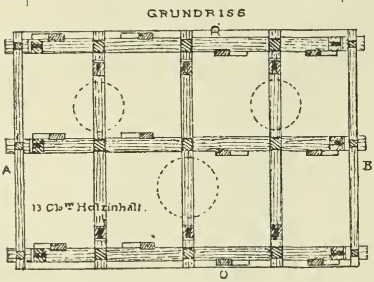
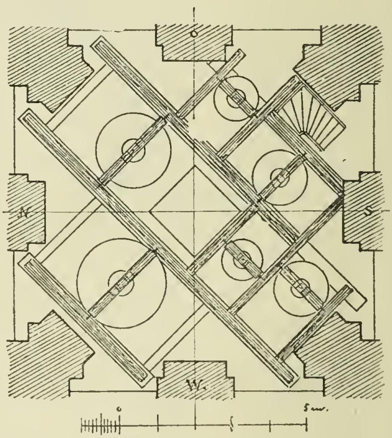


Fig. 836.



Die Glockenstühle müssen aus bestem kernigen und trockenen Holze hergestellt werden; die Verbindungen sind überall gut mit Bolzen zu sichern, und die Verstrebungen so auszuführen, dass sie nach dem Schwinden des Holzes nachgekeilt und angetrieben werden können. Die Holzstärken findet man in der Regel ziemlich gross gewählt; doch ist ein aussergewöhnlicher Aufwand keineswegs immer geboten. Die Stärken in Fig. 834 beziehen sich auf Eichenholz-Ausführung; der Glockenstuhl, Fig. 835, ist ganz aus Kiefernholz, derjenige, Fig. 836 wiederum aus Eichenholz hergestellt.

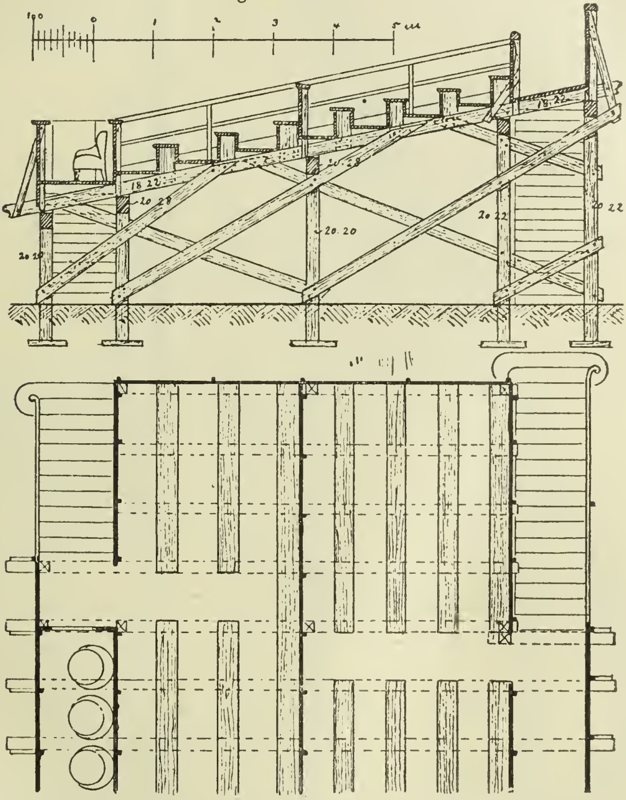
VII. Tribünen-Konstruktionen.

Tribünen werden entweder für ein Schauspiel errichtet, für das ein Ueberblick über ein grosses freies Feld gewonnen werden muss, oder es soll nur eine kleine Arena übersehen werden. Zu ersteren gehören hauptsächlich die Renn-

*) Dtsche. Bauzeitung 1881, S. 505.

Tribünen, zu letzteren die Zirkus-Tribünen. Für die erstere Art von Tribünen begnügt man sich in Deutschland gewöhnlich mit einer Steigung von $^1/_5$, was etwa $11^1/_4{}^0$ ausmacht, während man die Höhe für die zweite Art auf das Doppelte, $22^1/_2{}^0$ steigert. In Frankreich dagegen ist auch für Renn-Tribünen eine erheblich steilere Steigung üblich und die neuen Renn-Tribünen von Chantilly (Architekt Daumelt, Revue Gén. de l'arch. 1883 Taf. 51—54) weisen eine Steigung von $^1/_2$ oder von $26^1/_2{}^0$ auf. — Fig. 837 stellt eine kleine Tribüne der ersten Art zu vorübergehenden Zwecken dar. Die Hauptsache bei der Aufstellung ist, die Konstruktion so einzurichten, dass ein Knarren der Belagbretter, oder Wackeln der Geländer, Durchbiegen der Sitzbretter usw. vermieden werden. Die Brüstungen

Fig. 837 a u. b.



sind deshalb bei jedem Balken abgeschwertet und die Sitzbänke vorn und hinten zugenagelt, damit nirgend ein Federn entstehen kann, welches die Aengstlichkeit des Publikums erregen möchte. Lehnen werden bei provisorischen Tribünen lieber fortgelassen. Das Platzbedürfniss stellt sich bei bequemem Verhältniss auf 55—60 cm Sitzbreite, 32—35 cm Bankbreite und 60—65 cm Breite des Ganges. Die Breite einer Sitzreihe beträgt deshalb rd. 1 m. Die erste Sitzreihe wird bei ebenem Gelände 2 m hoch angeordnet. Der Fussboden der Gänge wird schräg gelegt, um Treppenabsätze zu vermeiden. An Treppen genügt eine für je 500 Personen, sofern die Anordnung nicht durch Trennung in Plätze zu verschiedenen Eintrittspreisen bestimmt wird.

Wird nur eine Treppe angenommen, so liegt dieselbe am besten vor der ersten Sitzreihe, um unnützes Steigen zu vermeiden. Eine grosse Tribüne für

6000 Personen, welche 1879 zum Kaisermanöver bei Stettin errichtet wurde, hatte nur sechs Treppen je 1 m breit, die sich als ausreichend erwiesen haben. Die Plätze waren auf 12 Bänke zu 700 Personen vertheilt.*) Bei vorübergehenden Ausführungen werden die Balken nicht auf die Binderrähme aufgekämmt, sondern ruhen auf Keilen, die auf den Rahmen vernagelt sind. Die Befestigung erfolgt durch Klammern und Nägel mit vielfacher Abschwertung durch Bretter. Die Keile für die Auffütterung der Balken unter den Sitzreihen werden alle gleich und können leicht auf Maschinen hergestellt werden. Bei der Anordnung ist darauf zu achten, dass vorhandene Holz- und Brettlängen ohne Verschnitt benutzt werden. Lassen sich die Längen der Binderrähme nicht mit der Theilung ver-

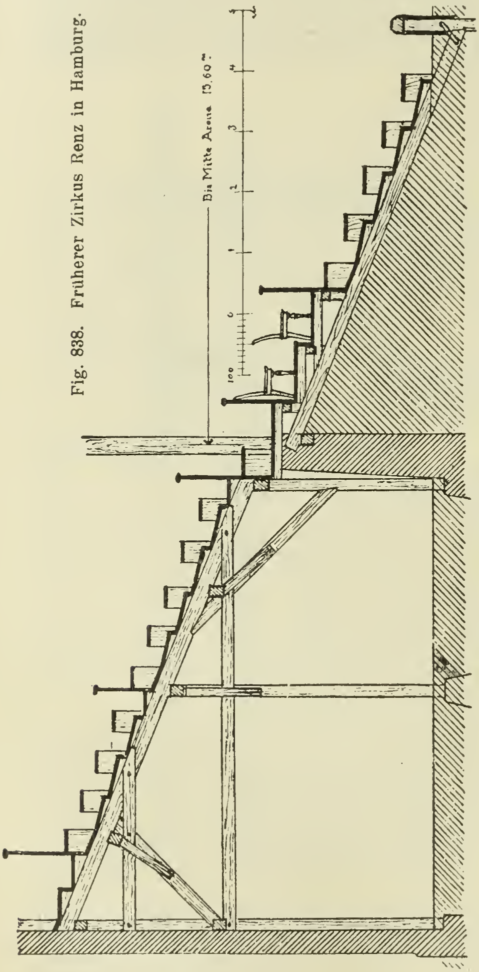


Fig. 838. Früherer Zirkus Renz in Hamburg.

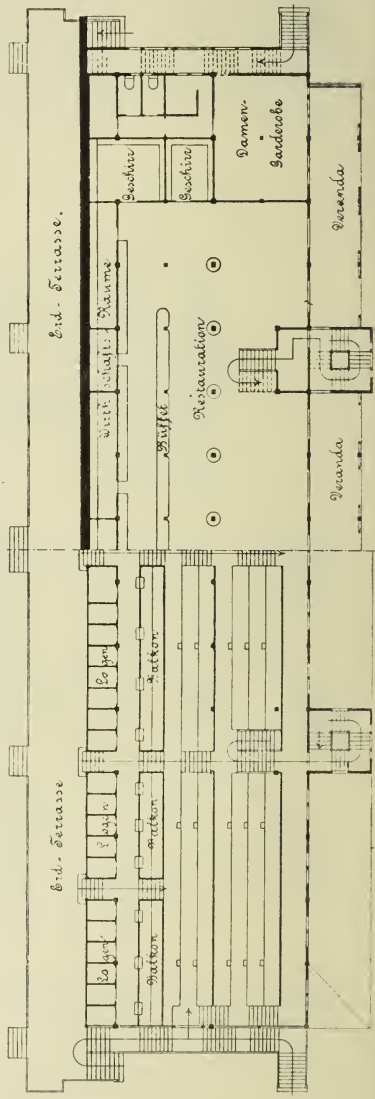


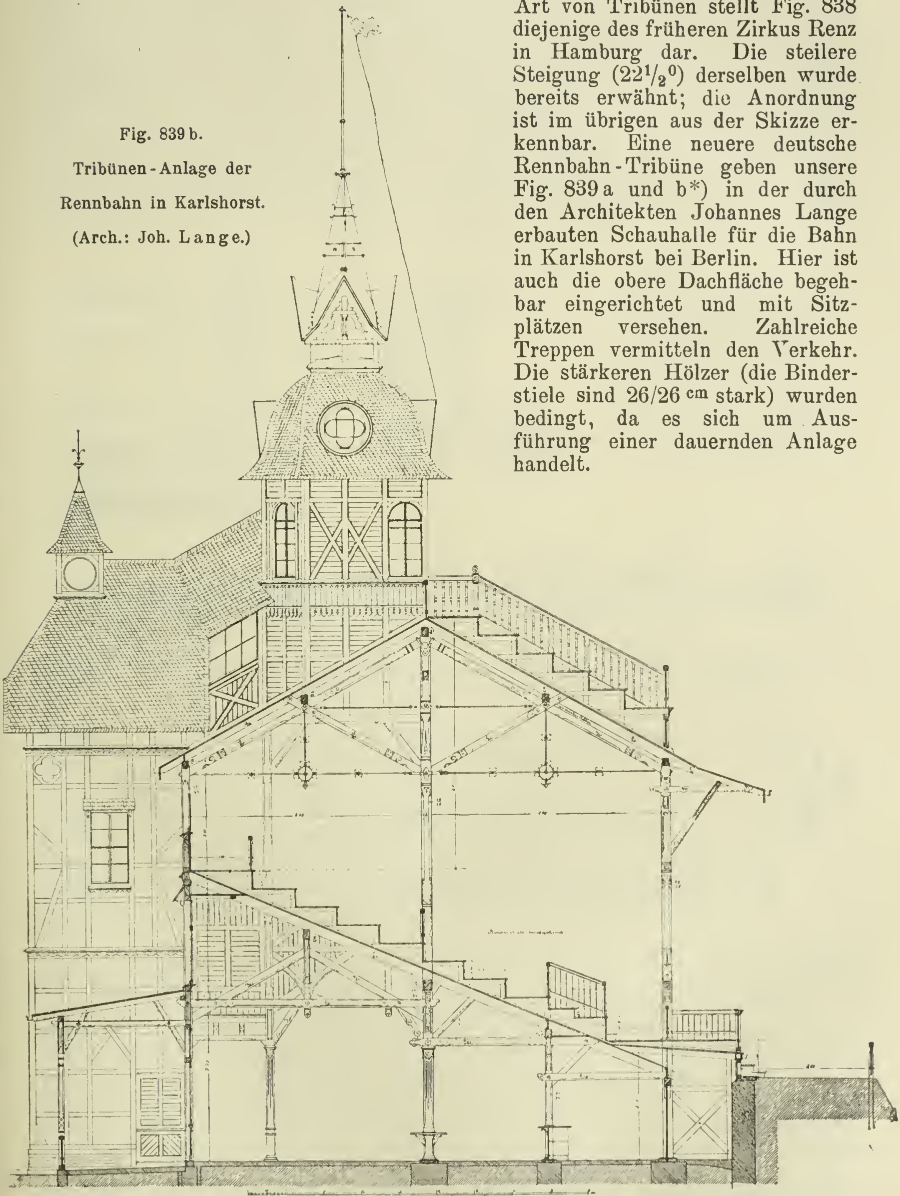
Fig. 839 a. Tribünen-Anlage der Rennbahn in Karlshorst bei Berlin. Maasstab 1:500.

*) Baugewerksblatt 1880, S. 89.

einigen, so kann man mit Vortheil schwebende Stösse verwenden, die man dann durch Sattelhölzer unterstützt.

Als ein Beispiel zu der zweiten Art von Tribünen stellt Fig. 838 diejenige des früheren Zirkus Renz in Hamburg dar. Die steilere Steigung ($22^1/_2{}^0$) derselben wurde bereits erwähnt; die Anordnung ist im übrigen aus der Skizze erkennbar. Eine neuere deutsche Rennbahn-Tribüne geben unsere Fig. 839a und b*) in der durch den Architekten Johannes Lange erbauten Schauhalle für die Bahn in Karlshorst bei Berlin. Hier ist auch die obere Dachfläche begehbar eingerichtet und mit Sitzplätzen versehen. Zahlreiche Treppen vermitteln den Verkehr. Die stärkeren Hölzer (die Binderstiele sind 26/26 cm stark) wurden bedingt, da es sich um Ausführung einer dauernden Anlage handelt.

Fig. 839 b.
Tribünen-Anlage der Rennbahn in Karlshorst.
(Arch.: Joh. Lange.)



*) Siehe auch Dtsche. Bauztg. 1896, Seite 561.

VIII. Schwimmende Konstruktionen.

Schwimmkonstruktionen kommen bei Hochbauten fast nur dann vor, wenn es sich darum handelt, Baulichkeiten im Wasser so zu errichten, dass sie jederzeit leicht entfernt, oder nach einer anderen Stelle geschafft werden können. Wenn letztere Bedingung nicht vorliegt, so wird man bei einigermaassen gleichbleibendem Wasserstande der Festlegung des Schwimmkörpers an eingerammten Pfählen in der Regel den Vorzug geben. Diese Anordnung ist auch dann noch die bessere, wenn die Ortsveränderung nur selten nothwendig wird. Bei kleinen Schwimmkörpern, wie z. B. Häuschen für Schwimmvögel, wenn jene beständig schwimmend erhalten werden, genügen vier zusammen geblattete Balken von 20/30 cm Stärke, wie Fig. 840 zeigt. Bei wachsender Grösse fügt man in der Mitte zwei leere, gut gedichtete Tonnen hinzu, legt eine Bohlenabdeckung und stellt auf diese den Aufbau. Ist derselbe sehr hoch, so muss der Neigung zum

Fig. 840.

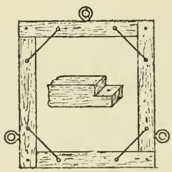


Fig. 842.

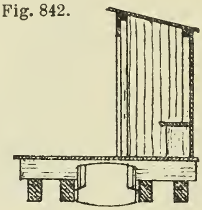


Fig. 843.

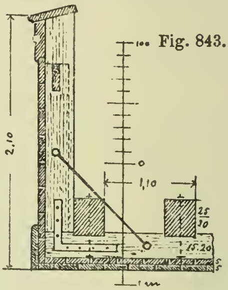
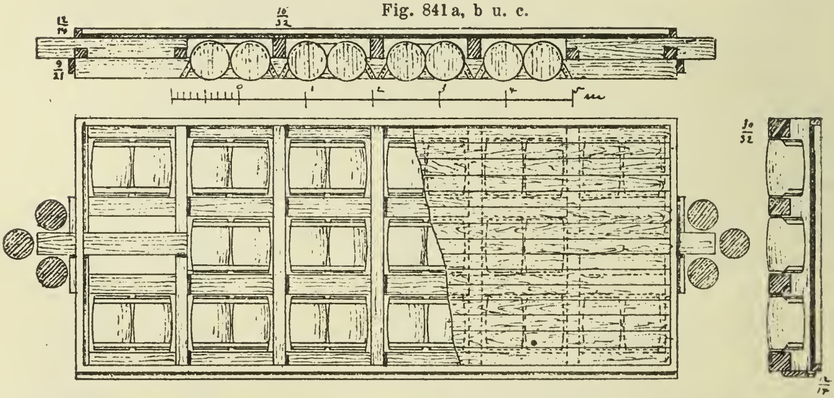


Fig. 841 a, b u. c.



Schwanken durch ein unterhalb angebrachtes Gegengewicht begegnet werden. Die Festlegung erfolgt bei gleichbleibendem Wasserstande durch drei Anker. Ist der Wasserstand wechselnd, so müssen zur Festlegung Pfähle eingeschlagen werden, sofern die Bewegung nicht an einer Mauer oder einem sonstigen festen Gegenstand an Laufeisen stattfinden kann. Ueber letztere lässt man dann eiserne Oesen greifen, die an dem Schwimmkörper befestigt sind. Einen grösseren Schwimmbaum, dessen Auftrieb sich bei Gedränge und Sturm stets als sehr ausreichend erwiesen hat, stellt Fig. 841 dar; er dient seit 15 Jahren als Anlegesteg auf der Elbe und schwimmt auf 32 gedichteten Petroleum-Fässern, welche mit Bandeisen an den Balken befestigt sind, ohne selbst einen Nagel zu erhalten. Dem Wasserwechsel folgt der Schwimmbaum mittels Führung an sechs eingerammten Pfählen.

Bei Badehäuschen, die auf einem „Schwimmschlängel" errichtet werden sollen, unterstützt man letzteren ebenfalls sehr vortheilhaft durch eingeschaltete Petroleum-

fässer, wie Fig. 842 zeigt. Bei neuen Anlagen von einigem Umfang werden indessen statt der Tonnen mit Holzkonstruktion stets eiserne Kästen mit Zellenabtheilung vorgezogen, da durch diese das Undichtwerden einzelner Kammern mit grösserer Sicherheit unschädlich gemacht wird und sie auch längere Dauer haben. Wenn die Länge und Breite des Schwimmkörpers erheblich gesteigert werden soll, sind Sprengewerke einzufügen, um dem Auftrieb des Bodens genügend entgegen zu wirken. Man gestaltet die Schwimmkörper alsdann lieber in Prahmform. Fig. 843 zeigt als Beispiel ein Profil der Seitenwand des schwimmenden Zirkus Lent von Siebert,*) der eine Länge von 66^{m} bei einer Breite von 21^{m} und einer grössten Höhe des Aufbaues von $9{,}9^{m}$ hatte. Die Tragfähigkeit war bei einer gedachten Einsenkung von 1^{m} auf 1260^{t} berechnet. Der Tiefgang betrug in Wirklichkeit bei Belastung durch die besetzten Ställe und 1600 Personen nur $0{,}38^{m}$. Die $15/20^{cm}$ starken unteren Bodenrippen lagen in Abständen von 50^{cm}.

Fig. 844.

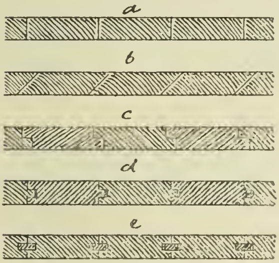


Fig. 845 a u. b.

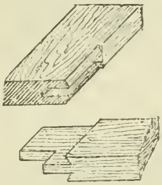


Fig. 848.

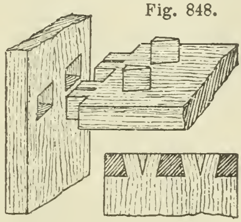


Fig. 846.

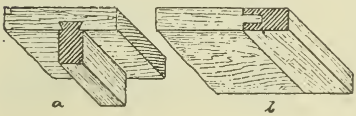
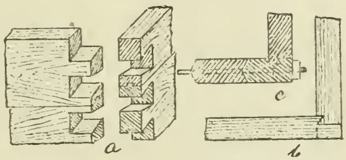


Fig. 847.



C. Konstruktionen aus Brettern.

I. Die Verbindungen von Brettern.

Die Zusammenfügungen von Brettern, welche für den Zimmermann inbetracht kommen, sind sehr einfacher Art und auf eine kleine Anzahl beschränkt. Werden die Bretter einfach dicht schliessend vernagelt, wie bei Fig. 844a, so müssen sie an beiden Seiten bestossen sein, und heissen dann auch wohl gesäumt. Ist der Anschluss durch einen schrägen Stoss hergestellt, wie bei *b*, so sind die Bretter gemessert. Ein besserer Verband wird durch Ueberfalzung oder halbe Spundung, die bei *c* gezeigt ist, erhalten; sie eignet sich namentlich für schwache Bretter gut. Bei *d* ist die ganze Spundung dargestellt, welche überall da angewendet wird, wo es auf einem dichten Zusammenschluss der Bretter ankommt. Den Nachtheil derselben, dass etwa 10% Material verloren gehen, würde die letzte bei *e* gezeigte Verbindung, die Federung vermeiden; jedoch macht das Ausschneiden und Einsetzen der Federn, die aus Hirnholz gefertigt sein sollen, ziemlich viel Arbeit, sodass dieselben, ausser bei Stabfussboden, fast nur bei sehr starken Hölzern angewendet werden. Man hat auch versucht, Federn aus Bandeisen zu gebrauchen, in welchem Fall für die Nuth ein einfacher Sägeschnitt genügt.

Eine Verzapfung der Bretter wird vom Zimmermann selten ausgeführt. Fig. 845 stellt den einfachen Blattzapfen für die Ecke einer Luke oder Thür dar; er wird in der Regel verleimt.

*) Zeitschr. d. bayer. Archit.- und Ingen.-Vereins 1871, S. 52.

Breitere Bretter, oder mehrere derselben nebeneinander liegend erhalten zum Schutz gegen Werfen oder zur Befestigung oft eingeschobene Leisten oder Hirnleisten, Fig. 846a und b.

Das Verzinken, Fig. 847a, ergiebt eine Verbindung von Brettern der Höhe nach; das eine Brett erhält schräg geschnittene, das andere schwalbenschwanzförmige Zapfen. Zusammenschieben oder Trennen ist daher nur nach einer Richtung möglich. Die Verbindung kommt für den Zimmermann hauptsächlich nur bei Treppenwangen und bei wasserdichten Kästen vor. Für letztere zeigt Fig. 847b die inwendige schräggeschnittene Ueberfalzung, die innerhalb der Verzinkung ausgeführt werden muss, wenn jener Zweck erreicht werden soll. Der Boden eines solchen Kastens wird am besten aus Brettern hergestellt, die „auf Schweinsrücken" zusammengebolzt sind. Sie müssen wie bei c gezeigt ist, durchbohrt und in Abständen von etwa 1 m mit Eisenankern zusammen gehalten werden. Soll das eine der Bretter über die Ecke hinaus gehen, so lässt sich die Verzinkung nur mithilfe von Keilen ausführen. Fig. 848 zeigt die schwalbenschwanzförmigen Löcher in dem einen Brett, und die geraden Zapfen an dem anderen. Letzere erhalten einen Sägenschnitt, in den dann die Keile eingeschlagen werden. Der Grundriss zeigt die fertige Verbindung in einem Durchschnitt dicht oberhalb derselben.

II. Bretter- und Latten-Wände.

Bretter-, bezw. Lattenwände werden unten und oben an den Balken, oder an einer auf denselben aufgenagelten Latte, Fig. 849, befestigt, und dienen nur zur Trennung innerer Räume. Sollen sie verputzt werden, so stellt man sie aus 3 cm starken, doppelt vernagelten Brettern her, welche getrennt, d. h. aufgespalten und gesperrt genagelt werden müssen, wobei man der zweiten Brettlage schräge Richtung giebt. Kleinere Oeffnungen brauchen nur ausgeschnitten zu werden, grössere erhalten einen Einfassungsrahmen. Zuweilen nagelt man die Bretter auch auf abgebundene Fachwerk-Konstruktionen oder Latten; doch trägt der dann verbleibende Hohlraum einigermaassen zur Feuergefährlichkeit bei und es ist einer Ausmauerung mit porösen Steinen in der Regel der Vorzug zu geben.

Fig. 849.

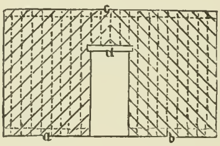
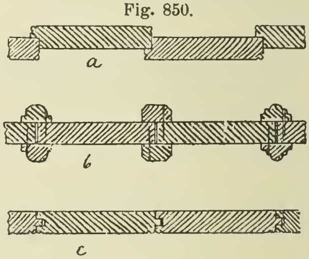


Fig. 850.

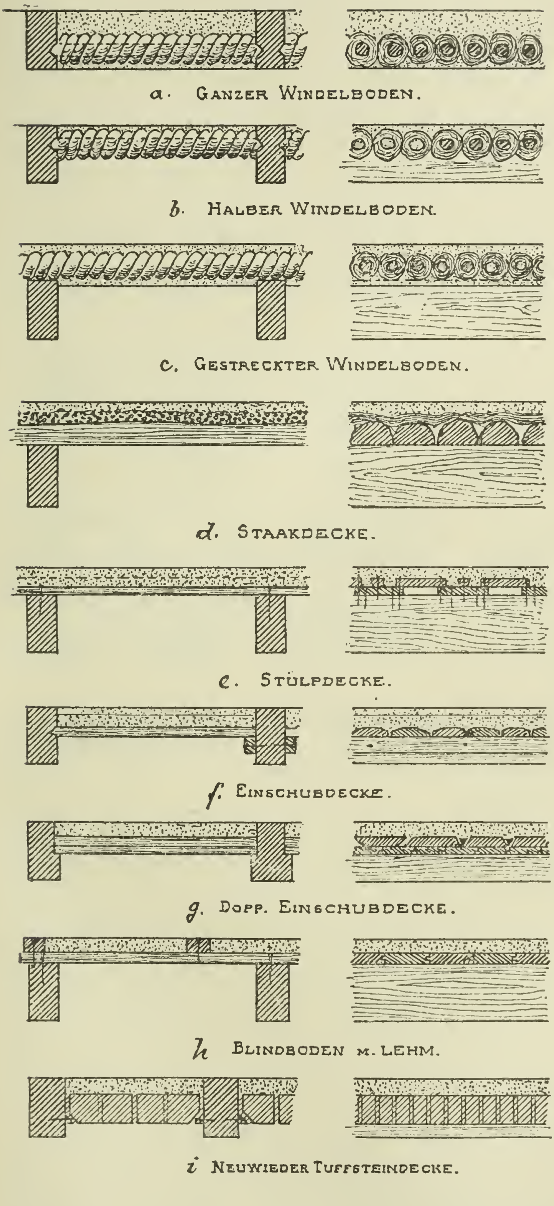


Soll die Bretterwand unverputzt bleiben, so genügt es für Boden- und untergeordnete Räume gesäumte, rauhe, 25 mm starke Bretter senkrecht neben einander zu nageln. Je nach der Höhe können dieselben durch ein aufgenageltes Querbrett verriegelt werden. Bei weiter gehenden Ansprüchen müssen die Bretter mindestens 3 cm stark und gehobelt sein, und der Fugenschluss wird nach Fig. 850 durch Einfalzung, Deckleisten oder Zusammenspundung hergestellt. Deckleisten dürfen stets nur auf einer Seite vernagelt sein, siehe Fig. 850b. Bei grosser Höhe stellt man auf je 1,5—2 m einen Stiel und schaltet nach Bedarf in ähnlichen Abständen Querriegel ein. Die Bretter werden dann mit beiderseitigen Anschlussleisten zwischen den Stielen und Riegeln inmitten der Holzstärke derselben befestigt.

Eine besondere Ausführungsweise von Wänden aus Brettern ist für die Silo-Abtheilungen in Getreidespeichern gebräuchlich. Diese Wände werden, je nach der Schütthöhe des Getreides, aus 10, 12, oder 16 cm breiten und 2,5 cm starken, senkrecht platt neben einander gestellten Dielen gebildet. Jede Diele wird in Abständen von etwa 0,5—0,6 m genagelt, sodass sich eine der Brettbreite entsprechend starke, massive Holzwand ergiebt. Querwände und Ecken werden mittels wechselweise durchgreifender Bretter beider Wände verbunden.

Etwas weniger Holz als die Bretterwände erfordern Lattenwände. Die Latten werden stets senkrecht an Schwellen und Rahmen oder an oberen und unteren Querlatten befestigt. Die beste Lattenweite ist gewöhnlich gleich der Lattenbreite.

Fig. 851.



III. Zwischendecken.

Zwischen Fussboden und Deckenschalung liegt die Zwischendecke, welche zur Zurückhaltung etwa eingedrungenen Wassers, zur Schalldämpfung und zur Erhaltung der Wärme dient.

Das am meisten geeignete natürliche Material für Zwischendecken ist der Lehm; bei ländlichen Gebäuden und einfachen Ausführungen wird derselbe ausschliesslich angewendet. Wickelt man ihn mit Stroh um Schlotstangen oder sogen. Weller- oder Staakhölzer, die 4—6 cm stark sind und zwischen die Balken gefügt werden, so entsteht der Windelboden, dessen verschiedene Anordnungen Fig. 851 a, b u. c zeigen. Man wendet diese Zwischendecken fast nur in untergeordneten Gebäuden an, die keinen Holz-Fussboden und keine Schaldecke erhalten, und fügt in diesem Fall eine obere und untere Abgleichung mit Lehm hinzu. Die Decken werden hierdurch sehr schwer, verlangen starke Balken und haben den Uebelstand, dass sich leicht einzelne Lehmtheile ablösen und herab fallen. Es wird deshalb der ganze Windelboden fast gar nicht, der halbe mitunter bei ländlichen Wohngebäuden, und nur der gestreckte häufig, und zwar über Viehställen angewendet. Wenn man die Staakhölzer stärker nimmt, können die Balkenabstände vergrössert werden. Die Stösse werden wechselweise angeordnet. Die

Decke ist ziemlich dicht und feuersicher. Weniger dicht ist die Staakdecke, Fig. 851d; sie bietet jedoch den Vortheil, dass die Balkenabstände gross genommen werden können, indem sich die zu den Staaken dienenden Rundhölzer von etwa 20 cm Stärke bis 2 m weit frei tragen. Man breitet über dieselben eine Lage Stroh aus, und gleicht den Boden etwa 7 cm hoch mit einer Lehmschüttung ab, welche, gut festgestampft, den Fussboden ersetzt. Ein Gleiches geschieht bei der Stülpdecke, Fig. 851e, welche vermöge der über einander geschobenen oberen Balkenschalung aus 3—3,5 cm starken Brettern einen besseren Abschluss gewährt und bei der man dem Lehm mehr Halt verschaffen kann, indem oben schwalbenschwanzförmige Latten zwischen die Bretter genagelt werden. Die Vortheile der Stülpdecke entsprechen indess nicht dem erheblich grösseren Holzaufwand und dieselbe wird deshalb nur selten angewendet. Fig. 851f zeigt die Einschubdecke, welche für landwirthschaftliche Bauten, wie für Wohnhäuser gleich gut geeignet ist. In Falzen in der halben Balkenhöhe, oder besser auf angenagelten Latten, liegen die Einschubbretter, zu denen gewöhnlich Schwarten Verwendung finden. Die Dichtung wird durch Lehmverstrich hergestellt, welcher indessen trocknen muss, bevor die Ueberschüttung zur Herstellung des Lehmestrichs erfolgt. An manchen Orten wird die vorherige Dichtung umgangen, indem, wie in Fig. 851g gezeigt ist, die Schwarten mit der Kernseite wechselweise nach oben und unten gelegt werden. Auch kann man sich gemesserter Bretter (Fig. 844b) bedienen, deren Fugen (wie in Mühlen üblich) mit Mörtel gefüllt werden.

Eine Verdoppelung des Einschubes wird zur Verdeckung der Unregelmässigkeit der Schwarten oder einer etwa vorhandenen Kreuzstaakung nothwendig, wenn die Decke unten sichtbar bleiben soll und eine solche lässt sich, wie Fig. 851g zeigt, leicht durch untergelegte Schalbretter erreichen.

Für bessere Wohnhäuser wird in Städten statt der Einschubdecke gespundeter Blindboden mit Lehmbeschüttung zwischen Lattenlagern, Fig. 851h, angewendet, da sich hierbei eine vorzügliche Steifigkeit erzielen lässt. Diese Anordnung bietet zugleich den Vortheil, dass bei geringen Ungleichheiten der Balkenoberfläche nicht der Fussboden selbst, sondern nur die Lager unterkeilt zu werden brauchen. Letztere werden sorgfältig mit gehobelter Oberfläche in Abständen von 0,65—0,75 m verlegt, und bieten daher dem Fussboden stets ein volles Auflager. Am Rhein, wo enge Lage der Balken üblich ist, bedient man sich statt des Einschubes der Ausrollung der Balkenfache mit Tuffsteinen, Fig. 851i; die Abgleichung wird mit Lehm usw. hergestellt.

Bei Stallgebäuden scheint es oft erwünscht, trotz der Verwendung von Holzbalken einen sehr dichten Deckenabschluss zu erreichen. Dies hat neben mancherlei sonstigen Versuchen, u. a. auch zur Auswölbung der Balkenfache geführt, Fig. 852a, b und c geben einige derartige Beispiele. Der Uebelstand bleibt immer der, dass die verbrennlichen Balken bei einem Feuer die Wölbung gefährden (ein Uebelstand, der allerdings auch bei eisernen Trägern, falls sie nicht gegen den unmittelbaren Angriff der Flammen geschützt sind, bestehen bleibt. S. Hauptabschnitt IV). Nur die leichtere in Belgien übliche Aussetzung der schmalen Balkenfache mit Ziegelsteinen, die bei b gezeigt ist, dürfte daher einige Vortheile haben. Die bei c gezeigte völlige Umkleidung der Balken mit Formstein-Platten, ist zu theuer und umständlich. In neuerer Zeit haben sich infolge dessen sehr vortheilhafterweise zwei Decken-Füllmittel eingebürgert, welche frei von gesundheitlichen Gefahren sind, die Mack'schen Gipsdielen und die sogen. Spreudielen, Hohlkörper in Plattenform, bestehend aus Spreu usw. mit Gips als Bindemittel. Ebenso günstig erweisen sich die sogen. Korksteine, die gleichfalls besonders da mit vielem Vortheil für Zwischendecken Verwendung finden können, wo anderenfalls infolge starker Verdunstung leicht ein Tropfenfall zu befürchten sein würde.

Auch anstelle von Lehm als Füllmittel sind mancherlei andere Stoffe versucht worden. Reiner Quarzsand ist dem Lehm für diesen Zweck, abgesehen von der etwas erschwerten Dichtung, mindestens gleichwerthig. Grössere Feuersicherheit lässt sich durch eine Betonschüttung erreichen; hierfür ist jedoch eine Unterlage von Dachpappe auf dem Einschub nothwendig, damit sich die Feuchtigkeit des frischen Betons nicht dem Holz mittheilt. Durch die Zwischenfügung

von Dachpappe erreicht man aber ausserdem auch einen guten Abschluss gegen Hellhörigkeit in Wohnhäusern. Weniger günstig erscheint die Ausfüllung der Balkenfache mit Bauschutt, weil man hierdurch leicht Ungeziefer und feuchte kleine Holzspähne, sowie andere in Fäulniss befindliche oder fäulnissfähige Stoffe, oder sogar Krankheitskeime*) einschleppt. Schlackenwolle hat den Mangel, dass die ungemein feinen und kleinen Glastheilchen mehr oder weniger leicht durch Decke und Fussboden dringen, und als Staub für die Athmungs-Organe sehr schädlich werden können. Auch muss dieselbe vor Nässe-Zutritt bewahrt bleiben, weil dieser bei einem Gehalt der Schlacke an Schwefel zu übelriechenden Gasbildungen Anlass giebt. Ferner sind Asche, Moostorf usw. empfohlen und verwendet worden; besonders letzterer aber kann, wie nachgewiesen ist, zur Verbreitung des Hausschwammes selbst in dem Falle dienen, dass eine Tränkung desselben mit Kalkmilch stattgefunden hat.

In Amerika, wo im allgemeinen die Zwischendecken ganz fehlen, und zur Warmhaltung in allen Zimmern schwere Teppiche oder Decken gelegt werden, hat man bei wichtigen Ausführungen Eisenblech-Zwischendecken anzuwenden versucht. Fig. 852d und e zeigen dergleichen Anordnungen; erstere mit oberer und unterer, letztere nur mit unterer Blechumkleidnng der Balken und mit

Fig. 852.

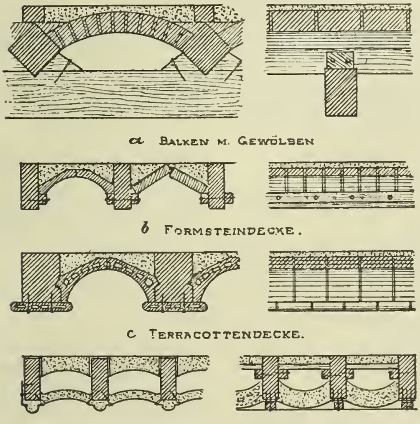


Fig. 853.

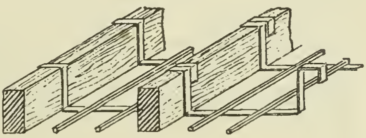
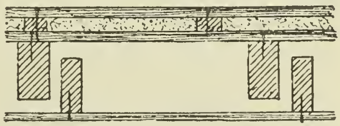


Fig. 854.



darüber befindlicher Aufschüttung von Asche oder ähnlichem Material. Auch diese Zwischendecken sind indessen zu theuer, als dass sie sich für eine allgemeinere Anwendung empfehlen liessen. Wesentlich einfacher dürfte es sein, die unter Vermeidung alles weiteren Holzes hergestellten sogen. Pariser Zwischendecken zur Ausführung zu bringen. Bei diesen werden, wie Fig. 853 zeigt, Hakeneisen auf die Balken gehängt, welche ihrerseits schwache Quadrateisen aufnehmen; alsdann wird auf einer Schalung eine Ausfüllung der Balkenfächer mit einer 7—10 cm starken Gipsschicht ausgeführt, die zugleich Decke und Zwischendecke bildet.

Weitere Vorschläge bezüglich der endgiltig noch nicht gelösten, aber mit Rücksicht auf die mancherlei Mängel der alten Deckenkonstruktionen wichtige Frage des besten Ersatzes der bisherigen Einschubdecken siehe im Haupt-Abschnitt IV und u. a. in Dtsche. Bauztg. 1894, S. 395 u. 547.

Grössere Schalldichtigkeit der Decke erzielt man durch blosses Zwischenlegen von starkem Papier u. Umst. in mehreren Lagen. Ueberdeckung der einzelnen Stücke und guter Anschluss an die Wände ist hierbei, wie bei der Staakung überhaupt, sehr zu beachten. Soll ausser dem Geräusch aber auch die Bewegung des oberen Fussbodens mit Sicherheit von der Decke abgehalten werden, so dass sich auch bei Tanzböden oder anderen, heftigem Auftreten ausgesetzten Räumen keine Erschütterungen auf die untere Hälfte der Decken übertragen, so muss eine zweite besondere Balkenlage zur Aufnahme der Decke eingefügt werden, wie solche Fig. 854 oder die allerdings weit schwerere Konstruktion,

*) S. Dtsche Bauztg. 1883 S. 35. Die Zwischendecken in Wohnhäusern als Krankheitsherde.

Fig. 855 zeigen, welch letztere indess mit Erfolg bei einer Mädchenschule in Ludwigsburg ausgeführt ist.*) Die Anwendung eines Blindbodens statt des Einschubes wird hierbei stets nöthig sein. Eine ähnliche Decken-Isolirung für landwirthschaftliche Gebäude zeigt Fig. 856. Die Balkenfächer sind hier mit einer Formsteindecke geschlossen, über die ein Estrich gebreitet ist, der eine weitere, quer liegende Balkenlage aufnimmt. Hiernach kann sich von aussen eingeführte frische Luft durch den Schlotstangenboden von unten aus in das ganze auf der Decke liegende Heulager ausbreiten. Eine andere, aber kostbarere Zwischendecke ist H. Bilguer unter D. R.-P. 87 861 patentirt. Dieselbe besteht aus porösen Dachsteinplatten und ist Dtsche. Bauztg. 1896, S. 665 beschrieben.

IV. Deckenschalung.

Wenn die Balken, bezw. die Zwischendecke unterhalb nicht sichtbar bleiben sollen, so wird Deckenschalung nothwendig, die gewöhnlich aus 2—3 cm starken

Fig. 855.

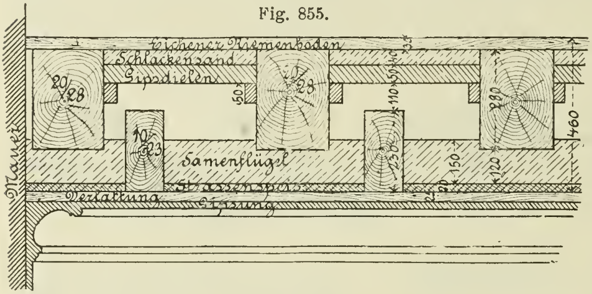


Fig. 856.

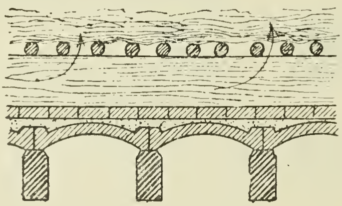
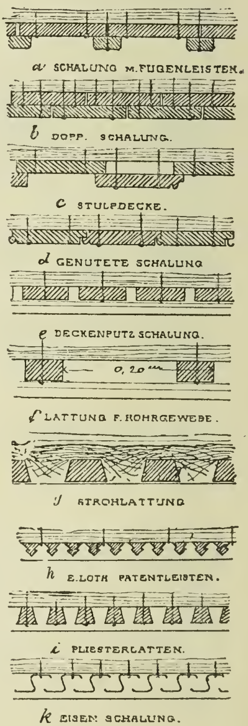


Fig. 857.



Brettern gefertigt ist. Am einfachsten ist es, dieselbe nach Fig. 857a aus gesäumten Brettern mit Deckleisten herzustellen. Je nach den Ansprüchen findet Hobelung und Deckung der Fugen mit mehr oder weniger profilirten Leisten statt. Bei Ställen werden hierdurch Dünste nur unvollkommen von den Balken abgehalten und man hat für dieselben deshalb die bei b gezeigte doppelte Schalung angewendet. Der Erfolg entspricht indess dem Material-Aufwande nicht. Sparsamer ist die Stülpdecke, c, welche in gewöhnlichen Wohnhäusern einen freundlichen Anblick gewährt, zumal wenn die Brettkanten mit Profilen versehen werden. Bei weiter gehenden Ansprüchen bedient man sich der genutheten Schalung, Fig. d, durch welche einer Decke leicht ein sehr reiches Ansehen gegeben werden kann, indem man die Bretter in mehreren Richtungen wechseln lässt. Für dieselbe wird astfreies Holz verwendet; die Bretter werden fein gehobelt und erhalten an den Kanten Kehlstösse.

Soll die Decke verputzt werden, so müssen die Schalbretter, Fig. 857e, schmal aufgespalten und 1,5—2 cm auseinander genagelt werden. Bei Anwendung

*) Näheres Dtsche. Bauztg. 1892, S. 119.

von einfachen oder doppelten Rohrgeweben, ist statt der Schalung nur Lattung in Abständen von 20 cm erforderlich, f der Figur. Für Wohnhäuser zeigen die Fig. 857 g, h und i noch drei andere Ersatzmittel der Schalung mittels Leisten, bezw. Latten. Erstere Anordnung, siehe auch D. Bauztg. 1894, S. 267; die zweite Art, wobei Latten mit oberer Strohschüttung verwendet werden, an der der Mörtel haftet, ist bei geringen Bauten in München üblich. Der Putz hält sich auf den nicht verrohrten Latten indessen nur sehr unvollkommen. Vortheilhafter ist daher die dritte Anordnung, wonach zweckmässig profilirte und mit Draht zu einem sogen. Gewebe vereinigte Leisten unmittelbar unter die Balken genagelt werden; die sogen. Pliesterlatten, welche sehr viel Material erfordern und mit ihrer breiten Unterfläche dem Putz doch nur einen unvollkommenen Halt gewähren, werden selten mehr angewendet.

Fig. 857 k stellt noch den amerikanischen Ersatz der Deckenschalung durch gebogenes Eisenblech dar, dessen Vorzüge jedoch nicht die unseres Rohrgewebes und Leistengeflechtes erreichen. Auch verwendet man dort, wie ebenfalls in Holland, zum Halten des Putzes spliessartige Spähne, von einigen Millimetern Dicke, die an den nahe zusammengerückten Balken ebenfalls ohne Schalung befestigt werden und durch ihre ungleichmässige, rauhe Oberfläche und die überhängenden Enden den Putz tragen.

Sollen gewölbte Decken aus Holz hergestellt werden, so bringt man am einfachsten Lehrbögen zwischen die Balken und nagelt die Schalung auf diese. Es lassen sich freilich auch nach Fig. 858 gefederte Bretter von 5 cm Stärke freitragend zusammen fügen; doch ist die Ausführung schwierig, ohne dass sie konstruktiven Werth hat.

Fig. 858.



Ausschalungen für grössere Gesimse, sowie für Querträger in Kassetten-Decken, die sichtbar bleiben sollen, werden aus sorgfältig gearbeiteten Bretterkästen hergestellt, deren Befestigung mit Bankeisen bezw. eisernen Winkeln geschieht. Bei Kassetten-Decken erhalten oft auch die Balken selbst noch eine Bretter-Umkleidung. Sollen diese Decken verputzt werden, so fertigte man früher ebenfalls Kästen, an welchen die Berohrung befestigt wurde. Das Holz dieser Kästen läuft indess gewöhnlich entgegen gesetzt zu dem der Deckenschalung, und wenn Risse im Putz durch das ungleiche Quellen und Zusammenziehen der Hölzer vermieden werden sollen, so ist vorherige Umkleidung mit Asphalt-Papier oder Dachpappe dringend zu empfehlen. Besser ist es, die Kästen zu vermeiden und für Gesimse Lehrknaggen in Abständen von rd. 20 cm, und für Kassetten-Decken Lattengerüste anzubringen, welche dann der Befestigung von Rohrgeweben oder Rabitzdrahtgeweben Platz bieten.

Endlich erübrigt es noch, die Holzschalung auf massiven Beton-Decken zu erwähnen, wie solche in Veranden und unter den Stein-Fussböden von Küchen und Baderäumen zur Herstellung guter Stuckdecken stets wünschenswerth wird. Man pflegte früher zur Befestigung dieser Deckenschalungen geschrägte Latten in den Beton einzubetten, wie dies in Fig. 860 d, S. 303 gezeigt ist. Neuerdings aber hat es sich als viel zweckmässiger erwiesen, nur Klötze einzubetten; an diese werden später Latten genagelt, die auf bequeme Art die Anbringung der Deckenschalung ermöglichen. Auch an Trägerwellblech können in ähnlicher Weise leicht Latten zur Aufnahme der Deckenschalung befestigt werden, wie dies in Fig. 860 f gezeigt ist.

V. Fussböden.

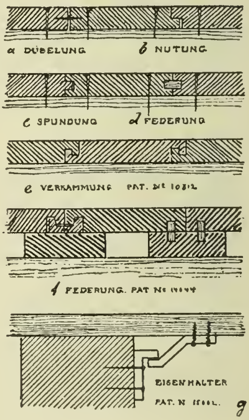
a. Dielenfussboden.

Fussböden verlangen die grösste Sorgfalt, bezüglich der Auswahl des Holzes. Bei guten Fussböden werden möglichst gleich breite, je nach den Ansprüchen mehr oder weniger astfreie Dielen erforderlich, die so verlegt sein sollen, dass sie sich nicht werfen, keine klaffenden Fugen und bei der Benutzung keine überspähnigen Stellen entstehen lassen. Diesen Anforderungen vermögen nur schmal aufgetrennte, mit der Kernseite nach unten verlegte Bretter von höchstens 15 cm

bis 20 cm Breite zu entsprechen. Zu grösserer Sicherheit gegen Werfen giebt man den Dielen neuerdings an der Unterseite in ihrer ganzen Länge einen etwa 1,5 cm tiefen Sägenschnitt. Die Stärke der Fussböden beträgt gewöhnlich 3—3,5 cm. Stärkere Bretter, bezw. Bohlen verwendet man nur in Speichern und stark belasteten Lagerräumen. Die Ausführung bietet in diesem Falle keinen bemerkenswerthen Unterschied, doch sei erwähnt, dass es sich zur Gewinnung grösstmöglicher Feuersicherheit als ein vorzügliches Mittel bewährt hat, zwei unmittelbar aufeinander genagelte Bohlen-Fussböden zu verlegen.*)

In Deutschland kommt hauptsächlich heimisches Kiefernholz inbetracht; denn die mitunter ihrer Billigkeit wegen ebenfalls verarbeiteten schwedischen Dielen haben fast immer den Fehler, dass sie zu weich sind. Der Fussboden aus denselben verschleisst daher nicht nur schneller, sondern nimmt auch bei jeder Reinigung eine bedeutend grössere Wassermenge auf, welche gefährlich werden kann. Von wesentlicher Bedeutung für die Haltbarkeit des Fussbodens ist es, dass die Zwischendecke vor dem Verlegen völlig ausgetrocknet sei. Sind auch die Mauern noch feucht, oder soll besondere Vorsicht obwalten, so nagelt man vor das Hirnholz der Dielen kleine Brettstückchen. Wenn keine Zwischendecken vorhanden sind, so ist stets rathsam, wenigstens einen Blindboden aus rauhen Brettern unter dem Fussboden zu verlegen.

Fig. 859.



Bei der einfachsten Ausführung von Fussböden sind die Dielen nur gesäumt und bestrichen, Fig. 859 a. Damit sich dann nicht ein einzelnes Brett beim Begehen biegen könne, wird in Abständen von etwa 1 m eine Verdübelung mit Drahtstiften vorgenommen. Dies bringt den Nachtheil mit sich, dass die Herausnahme und Auswechselung eines Brettes mit grosser Mühe verbunden ist. Die bei *b* gezeigte Nuthung bezw. halbe Spundung kommt selten vor, da die Dielen gewöhnlich stark genug für die Spundung *c* sein werden. Auch die bei *d* gezeigte Federung wird nur ausnahmsweise ausgeführt, da sie zu theuer ist. In allen diesen Fällen geschieht das Verlegen der Fussböden indem die Bretter durch eine davor eingeschlagene eiserne Kramme mittels Keilung scharf zusammen getrieben werden. Jedes Brett erhält sodann eine zweimalige Nagelung auf jedem Balken oder Lager und es sollen die Nägel bezw. Drahtstifte dreimal so lang sein, als die Dielen stark sind. Die Nagelköpfe müssen bis unter die Oberfläche versenkt werden.

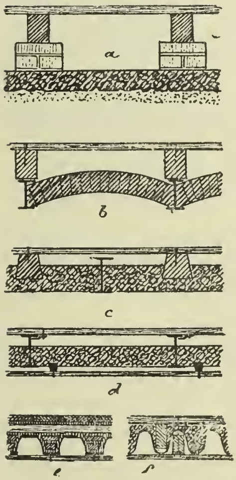
Da auch bei Verwendung guter trockener Bretter und trotz des Zusammentreibens oft die Erfahrung gemacht wird, dass durch nachträgliches Schwinden derselben doch wieder Fugen entstehen, so hat man versucht, einen Fussboden zu konstruiren, der späteres Zusammentreiben gestattet, ohne dass man ihn aufnimmt. Fig. 859 e uud f zeigen hierfür zunächst die Verkämmung und die Einfügung von Kammfedern. Der ganze Boden soll lose auf den Balken liegen, so dass, wenn er schwindet, eine Fuge nur bei den Fussleisten entstehen kann, wo sie sich leicht dichten lässt. Das Ergebniss ist jedoch kein vollkommenes. Die unbefestigten Bretter werfen sich leicht und die Mitte liegt dann nicht mehr fest auf. Auch behindern schwere Möbel, sowie die meistens nicht auf besondere Unterlagen, unabhängig vom Fussboden, gesetzten Oefen die Bewegungsfreiheit solches Fussbodens immer noch wesentlich. Um den sich hieraus ergebenden Uebelständen vorzubeugen, wurde ferner eine Verleimung des ganzen Fussbodens versucht; doch ist solcher aus mehrfachen Gründen zu widerrathen. Mit grösserem Vortheil bedient man sich der bei *g* gezeigten Eisenhalter. Dieselben werden vor dem Verlegen an den Balkenseiten unter den Dielen festgeschraubt, fassen unter entsprechende, an die Balken genagelte Haken und ermöglichen auf diese Weise ein späteres Zusammentreiben des Fussbodens mit dem Brecheisen. In

*) Siehe Dtsche. Bauztg. 1891, Seite 326.

etwas verbesserter Form sind diese Halter von R. Scharf in Bernburg unter Gebrauchsmusterschutz No. 15878 gestellt.*)

Falls keine Balkenlage zur Aufnahme des Fussbodens vorhanden ist, müssen zur Befestigung desselben Lagerhölzer eingebracht werden. Man bediente sich für dieselben früher gewöhnlich des Eichenholzes; heute kommt jedoch mit beinahe demselben Erfolg auch Kiefernholz in Anwendung, sofern es vorher nur allseitig gut mit Karbolineum getränkt ist. Die Stärke der Lagerhölzer beträgt $^{7}/_{10}$—$^{12}/_{15}$ cm. Sie werden hohl verlegt und durch kleine Mauerpfeiler so oft unterstützt, wie die gewählte Holzstärke es erfordert. An den Enden verkeilt man die Lager gegen die Mauer, so dass sie fest liegen. Für Kellerräume hat es sich als eine gute Konstruktion erwiesen, unter dem Fussboden eine Betonschicht mit Abgleichung durch Zementestrich herzustellen, Fig. 860a. Der entstehende Hohlraum wird mit dem warmen Zuge einer Ofenfeuerung oder mittels kleiner Roste mit der Aussenluft verbunden. Sollen die Lager ohne Pfeiler unmittelbar auf dem Beton liegen, so isolirt man sie durch einen untergelegten Streifen Dachpappe. Man hat auch versucht, in diesem Fall als Lager Dachlatten zu verwenden; doch ist diese Ausführungsweise nur in untergeordneten Fällen zulässig.

Fig. 860.



Ueber Gewölben mit starkem Pfeil oder von grosser Spannweite werden ebenfalls Pfeiler nothwendig, die man unmittelbar auf die Hintermauerung oder den Bogen selbst stellt; indessen können bei nicht zu grosser Länge die Lager auch in eine Sandaufschüttung gebettet werden. Bei Gewölben zwischen eisernen Trägern legt man die Lager gern auf letztere, Fig. 860b. Die Entfernung der Lager wird zu etwa 0,6—0,8 m genommen. Müssen die Lager gestossen werden, so geschieht dies gewöhnlich mittels der geraden Verblattung. Die Auffüllung des ganzen Raumes über den Gewölben bis unter den Fussboden ist nicht überall beliebt, obgleich der Hohlraum leicht ein Schlupfwinkel für Ungeziefer wird. In Hamburg wird dieser Raum z. B. immer leer gelassen, oft aber dadurch auf ein Kleinstmaass verringert, dass man statt der Gewölbe eine ebene Betonschüttung anordnet und die im Querschnitt trapezförmigen Lager bis zur halben Tiefe einbettet, Fig. 860c. Die bereits erwähnte Befestigungsweise mit Patent - Eisenhaltern macht, Fig. 860d, die Lager ganz entbehrlich; dieselbe ist empfehlenswerth, wo die eisernen Träger für den Fussboden enge genug liegen. In beiden Fällen erhält man sehr geringe Konstruktionshöhe. Eine besondere Befestigung erfordert der Fussboden endlich noch bei Verwendung von Trägerwellblech. Fig. 860e und f zeigen hierfür Ausführungsweisen. Bei der ersteren ruht er auf Lagern in Asphalt; bei der zweiten wird er auf verkeilten Latten befestigt.

Die Richtung der Fussbodendielen wird gern so gewählt, dass sie normal zur Fensterwand laufen. Bei zu grosser Tiefe des Raumes müssen die Bretter gestossen werden; dazu wird in der Mitte ein quer liegendes Brett angeordnet, gegen welches sich alle anderen verschneiden; man nennt den Belag dann Friesboden. Für Fussböden in Räumen mit sehr starkem Verkehr ist letzterer für die Richtung der Bretter entscheidend, damit man, wenn die Mittelbretter abgenutzt sind, nur diese zu ersetzen braucht. Diese Bedingung ist hauptsächlich bei Korridoren zu beachten, welche daher meistens Fries-Fussböden erhalten.

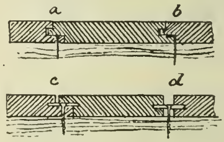
Sind die Bretter eines auf gewöhnliche Art verlegten Dielenfussbodens zusammengetrocknet, so ist es zur Beseitigung der entstandenen Fugen das Zweckmässigste, die Nagelung durchzutiefen und den Fussboden nach gehörigem Zusammentreiben neu zu befestigen. Sind nur einzelne Fugen entstanden, die

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1893, S. 459.

ohne diese umständliche Arbeit, welche immer das Losmachen der Thürbekleidungs-Sockel und Fussleisten nothwendig macht, beseitigt werden sollen, so müssen dieselben mit Kitt gedichtet werden. Mit gutem Erfolg kann zur Herstellung eines solchen ein Gemisch aus feinem Sand und Tischlerleim dienen; auch lassen sich einzelne Fugen mit Werg in Oel oder Firniss haltbar dichten. Besser ist es aber, lange Spähne zu schneiden nnd die Fugen auf diese Art fest mit Holz auszufüllen. Einen fugendichten Fussboden erstrebt das D. R. - P. 110650 (Rehberg).*) Derselbe besteht aus zwei in der Längsrichtung derart übereinander verlegten und mit einander verschraubten Dielenlagen, dass jedes Unterbrett die beiden darüber liegenden Oberbretter fest mit einander verbindet, sodass der gesammte Fussboden wie eine auf den Lagern frei beweglich aufgelagerte Platte wirkt, die sich gleichmässig zusammenzieht, also ohne Fugenöffnung bleibt.

Sollen Fussböden so eingerichtet werden, dass sie mit Leichtigkeit aufnehmbar und anderweitig neu verlegbar sind, so empfehlen sich die Befestigungsweisen nach Fig. 861. Bei *a* und *b* sind die Dielen auf einer einseitig breiteren Spundung entweder mit Nägeln oder besser mit Haken befestigt. Da der breitere Spund indessen sehr viel Holz kostet, so ist Einlage von Eisenfedern und Befestigung mit Holzschrauben, wie bei Fig. *c* und *d*, vorzuziehen. Am sparsamsten ist letztere Anordnung, welche für Ausstellungsgebäude usw. empfehlenswerth ist, sowie für Räume, die nicht gerade zum Tanzen benutzt werden sollen. Eine Befestigung, die ebenfalls ein leichtes Abnehmen und Wiederverlegen des Fussbodens ermöglicht, also ein Nachtreiben gestattet, ist Deutsche Bauztg. 1900, S. 606 mit Abbildungen beschrieben, D. R. P. 111141. Der Fussboden ist hier derart befestigt, dass Oesenschrauben, die in denselben von unten eingeschraubt sind, unter Klammern oder Winkelansätze greifen, die vorher seitlich an den Balken befestigt werden. Der Fussboden kann also, von einer Wand her anfangend, leicht durch Drehen der Schrauben um 90° gelöst werden.

Fig. 861.



Ein interessanter Versuch mit einem jederzeit beweglichen Fussboden ist in der grossen Reithalle des Hippodroms in Frankfurt a. M. gemacht. Der ganze Boden wurde hier in Tafeln von 1,0 zu 1,65 m zusammengefügt, die, wenn aufgenommen, mittels Spundleisten hinter der Manegen-Bande aufbewahrt werden können. Nähere Mittheilungen über die Einzelheiten der Einrichtung sind ersichtlich gemacht Deutsche Bauztg. 1900, S. 89.

b. Bandparkett-Fussboden.

Verwendet man statt der langen Bretter kleine Riemen von etwa 1 m Länge und 10 cm Breite, so entsteht der Bandparkett- oder Wiener Stab-Fussboden. Die Enden der Riemen werden entweder wechselweise zusammen gestossen, wie bei *a*, Fig. 862, oder sie erhalten gerade Schnittfuge wie bei *b*. Der Anschluss an die Wand wird durch Friesbretter vermittelt. Die Riemen erhalten entweder Spundung, oder, wie bei diesem Boden meistens vorgezogen wird, Eichenholz-Einsatzfedern. Die Nagelung erfolgt schräg in die Nuth. Die Riemen müssen auf beiden Enden aufliegen. Liegen die Balken hierfür zu weit, so müssen feste Zwischenlager angeordnet werden, oder man verlegt den Boden auf Unterlagbrettern, die quer über die Balken in kürzeren Abständen genagelt sind. Wird jedes Brett anstatt der Nagelung mit zwei vertieften Schrauben versehen, so nennt man den Boden auch Schiffsfussboden.

Eine andere Ausführungsweise, die zuerst in dem Haupt-Telegraphenamt in Berlin angewendet worden, zeigt Fig. 863a. Die Riemen sind hier mit einer Verfalzung normal zwischen Friesbrettern befestigt, die mit zwei gleichen Falzen auf jedem Lagerholz festgeschraubt werden. Hierbei ist die Auswechselung einzelner Bretter, sowie das Zusammentreiben derselben auf die einfachste Weise möglich gemacht.

*) S. Dtsche. Bauztg. 1900, S. 399 und 606.

In weiterer Ausbildung des gleichen Grundgedankens ist der sogen. Deutsche Fussboden von Hetzer in Weimar, D. R.-P. No. 63 018, entstanden, den die Fig. 864a, b u. c zeigen und der ausser der Möglichkeit jederzeitigen Zusammentreibens den weiteren, wesentlichen Vortheil bietet, dass, wie besonders Fig. 864c

Fig. 862.

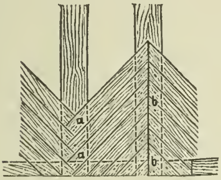


Fig. 864a.

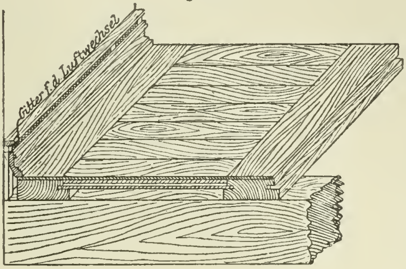


Fig. 863.

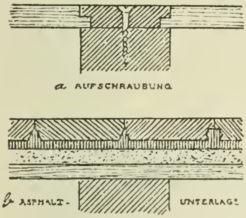


Fig. 864b.

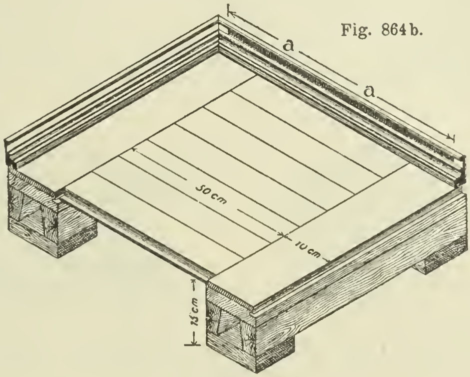
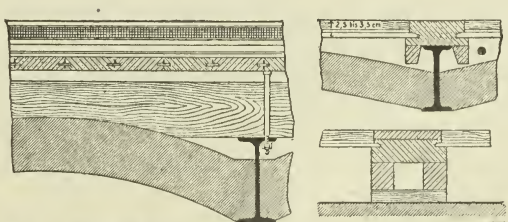


Fig. 864c.



erkennen lässt, mittels hohler Lager die Möglichkeit allseitigen Luftzutritts gewahrt wird. Die Luft kann dann, wie dieselbe Fig. zeigt, in verschiedenster Weise entweder durch die Fussleisten oder durch besondere Mauerkanäle mit der Aussenluft in Verbindung gebracht werden, so dass ihr steter Wechsel gesichert ist.

Für Krankenhäuser, Kasernen, Schulen und Wohnzimmer in Kellergeschossen usw. ist vielfach die Verlegung von Bandparkett in Asphalt oder vielmehr eigentlich in einem Gemisch von Steinkohlentheer, Pech und ungereinigter Karbolsäure*) ausgeführt worden, sei es unmittelbar auf einer Beton-Unterlage, einem Flachpflaster aus Ziegeln, oder, wie Fig. 863b zeigt, über einer Zwischendecke. Die Riemen erhalten Abschrägung oder einen Falz. Der Asphalt führt einen hermetischen Abschluss von dem unteren Raum herbei und macht das Eindringen von Nässe in die Fugen, sowie das Einnisten von Ungeziefer in demselben und in der Zwischendecke unmöglich. Für das

*) Dtsche. Bauztg. 1889, S. 48 und 1892, S. 116.

gute Gelingen ist es wichtig, dass die Riemen nicht allzu sehr ausgetrocknet sind, weil sie sonst unter dem Einfluss der Feuchtigkeit der Zimmerluft leicht quellen und sich dann werfen, da für eine Ausdehnung in der Fussboden-Ebene der Raum fehlt.

Man kann zum Bandparkett sowohl Eichenholz, wie auch Kiefern, Edeltannen, Pitchpine, Buchen und wie neuerdings mit gutem Erfolg versucht ist, amerikanisches Ahornholz verwenden. Von Bedeutung ist dabei die mehr oder weniger grosse Widerstandsfähigkeit gegen Abnutzung. In dieser Beziehung hat die kgl. Versuchsanstalt in Charlottenburg festgestellt, dass preussisches Kiefernholz einen Abnutzungs-Koeffizienten von 12,2, Pitchpine 6,9, Eichen 5,6, Buchen 3,95 und amerik. Ahorn nur 3,75 ccm besitzt. Die verbreitetste Verwendung für Bandparkett findet jedoch das Eichenholz. Jede Nadelholzdiele zeigt schon auch ohne Abnutzung nach einiger Zeit Zusammenschrumpfen der Frühjahrszone des Jahresringes und Hervortreten der harten Rippen der Herbstschichten. Infolge dessen ist die Abnutzung des ganzen Brettes auch niemals eine gleichmässige und der bei Verwendung eines Riemenbodens besonders angestrebte Vortheil einer dauernd glatten Fläche geht verloren. Auch das allerdings feinringige und harzreiche Pitchpine-Holz zeigt diesen Fehler, wenn gleich in geringerem Maasse, als unsere einheimischen Nadelhölzer. Eine Abhilfe dieses Uebelstandes ist in dem Schultze'schen Holzplatten-Fussboden (D. R.-P. 118404) versucht, indem die Dielen lattenartig in schmale Streifen aufgetrennt und dann mit der Längenschnittseite des Brettes nach oben mittels Dübelung und Leim zu Platten vereinigt werden.*)

Fig. 865.

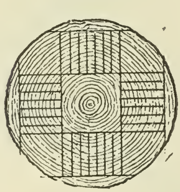
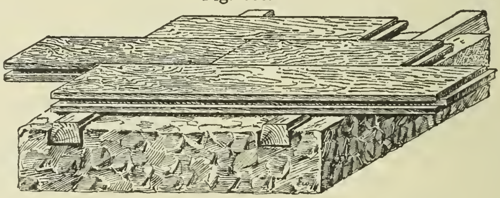


Fig. 866.



Die Nachtheile des Hervortretens der stärkeren Herbstzone des Kiefernholzes fallen fort bei Verwendung von präparirtem Buchenholz, wenn dasselbe, wie in Fig. 865 angegeben, geschnitten und entweder nach dem Friedrichsruher Verfahren**) oder nach der Amendt'schen Weise (D. R.-P. 52164), imprägnirt ist. Ganz besonders in Räumen mit starkem Verkehr haben sich diese Buchenholz-Fussböden ausserordentlich gut bewährt und verdienen empfohlen zu werden. Auch die in Fig. 864a, b u. c dargestellten deutschen Fussböden sind besonders für Ausführung in Buchenholz gedacht, wobei indess zu erwähnen ist, dass die Friesbretter jedesmal nur 1 cm stark mit Buchenholz fournürt werden. — Näheres über Ausführung und Haltbarkeit der Buchenholz-Fussböden findet sich u. a. in Dtsche. Bauztg. 1885, S. 21, 1889, S. 243, 1891, S. 267 und 1892, S. 609, sowie im Archiv für Post und Telegraphie von 1889.

Das amerikanische Ahornholz endlich wird seit 1894 in Deutschland eingeführt und hat sich, wie auch bereits der oben angegebene Festigkeitsvergleich schliessen lässt, zunehmend gut bewährt. Alle Ahornbretter sind 83 mm breit und können in Riemen von 1,2 m bis 4,9 m Länge geliefert werden. Da sie beiderseits gehobelt und an allen vier Seiten gespundet sind, lassen sie sich leicht und mit ausserordentlich dicht schliessenden Fugen verlegen. Fig. 866 zeigt die Art der Zusammenstösse und gleichzeitig eine für Betondecken zweckmässige Befestigung auf Lattenlagern, die in Asphalt verlegt sind. Oberhalb alter Fussböden kann man schwache Riemenstärken von 9 bis 18 mm, anderenfalls solche von 22 bis 35 mm verwenden. Nähere Mittheilungen über amerik. Ahornholz siehe Dtsche. Bauztg. 1896, S. 183 und 1902, S. 179.

---

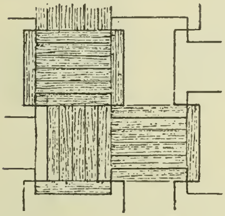
*) Siehe Dtsche. Bauztg. 1901, S. 352.

**) Dtsche. Bauztg. 1889, S. 203.

c. Tafelparkett-Fussboden.

Dieser Fussboden besteht aus zusammengeleimten Tafeln von gewöhnlich 58 cm Länge und Breite, welche auf Blindboden verlegt werden. Letzterer wird aus trockenen Brettern, gesperrt mit 1 cm breiten Fugen, um die Parkettstärke tiefer genagelt als die Fussbodentafel. Es muss hierfür entweder die Stärke der Fussbodenlager um ebenso viel eingeschränkt werden, oder es wird zwischen den Balken der Einschub entsprechend tiefer gerückt und der Blindboden in Balkenfalze genagelt. Nach dem D. R.-P. No. 43 062 kann man sowohl Tafel- wie Bandparkett-Fussboden auch ohne Zwischenlage von Holz auf Decken aus Schlackenbeton befestigen. Nachdem der Beton „angezogen" hat, aber noch nicht hart ist, wird auf denselben mit 5 cm langen Schmiedenägeln die in 10 cm Abstand stehen, starker Jutestoff genagelt; auf diesen wird der Fussboden mittels einer Mischung von Kalk und Käse geklebt. Der Fussboden, welcher hiernach keine Nagelung erhält, soll sich gut bewähren. Dass die Decken vor Staakdecken gesundheitlich im Vorzuge sind, bedarf keinei Erwähnung.

Fig 867.

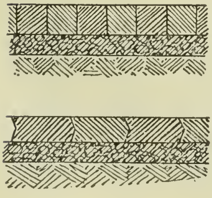


Man unterscheidet fournürten und massiven Tafelparkett-Fussboden. Bei ersterem erhält jede Tafel einen Blendrahmen mit Hirnleisten, bezw. sogar aus zwei Dicken quer über einander doppelt verleimt, oder auch einfach und unterwärts mit einem Blendfournür versehen. Auf denselben wird das Parkettmuster aus Fournürhölzern verleimt. Bei massivem Tafelparkett muss die Anordnung des Musters derartig beschaffen sein, dass durch sie in irgend welcher Weise zwei Hirnleisten an jeder Tafel entstehen. Fig. 867 zeigt als Beispiel hierfür den nach Pat. No. 22 592 als Tafelparkett verarbeiteten Riemenfussboden. Der letzte Riemen jeder Tafel bildet hier die Hirnleiste, für die folgende, in der Figur durch stärkere Linien angedeutete. *)

Bei allem Tafelparkett ist es die Hauptsache, dem späteren Ziehen und Werfen nach Möglichkeit vorzubeugen. Die verarbeiteten Hölzer müssen sorgfältig gepflegt und durchaus trocken sein; das Legen muss bei mässiger Temperatur geschehen; die bekannten Schutzmittel als Isolirung von Blindboden, und andere, wirken sonst nur mangelhaft. Die vorherige Verleimung der Tafeln zu grösseren Stücken, z. B. der Zimmerbreite entsprechend, ist vielfach versucht worden. Es hängt jedoch der Erfolg zu sehr von der einzelnen Werkstelle und den Arbeitskräften ab, als dass sich das Verfahren allgemein empfehlen liesse.

Der Parkettboden wird in der Regel nicht geölt, sondern, nachdem er fertig gelegt ist, mit Wachs gebohnert. Derselbe verträgt hiernach indessen kein Wasser und darf daher nur trocken gereinigt werden; das Bohnern ist in gewissen Zeitabständen zu wiederholen.

Fig. 868 a u. b.



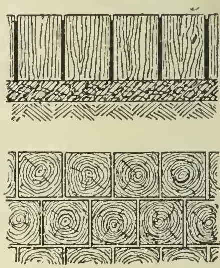
d. Bohlenfussboden und Holzpflaster.

In Durchfahrten und Ställen, sowie in Werkstätten kommt es mitunter darauf an, einen Holzfussboden unmittelbar auf Steinunterlage oder Betonschüttung herzustellen. Hierzu dienten früher ausschliesslich dicht aneinander geschobene starke Latten, oder auch Bohlen, auf Schweinsrücken zusammen gehobelt, Fig. 868 a und b zeigt diese beiden Anordnungen. Eine Verdübelung der Hölzer kann unterbleiben, wenn dieselben seitlich in nicht zu grosser Länge durch Querhölzer eingefasst, und durch diese mit Falzen festgehalten werden. Die Ausführungsweise hat mancherlei Mängel und solcher Fussboden nur eine sehr begrenzte Dauer, zumal Imprägniren bei der Länge der Latten und Bohlen kaum anwendbar ist.

*) Siehe hierüber auch Dtsche. Bauztg. 1899, Seite 409.

Neuerdings sind diese Fussböden daher durch Holzpflaster, das aus kleinen imprägnirten Klötzen besteht, verdrängt. Diese auf ihre Hirnholzfläche gestellten Klötze 8—14 cm hoch genommen, haben quadratischen, oder des besseren Verbandes wegen noch vortheilhafter einen rechteckigen Querschnitt, und bieten eine weit grössere Dauerhaftigkeit gegen den Einfluss von Nässe und gegen mechanische Abnutzung. Sie werden mit Zinkchlorid oder Kreosot imprägnirt und auf einer festen Unterbettung von Beton versetzt, dessen Stärke, falls er nicht unmittelbar auf Gewölben aufliegt, von der Grösse der Lasten abhängt. Hierbei giebt man den Klötzen, wie Fig. 869 zeigt, etwa 1 cm weite Fugen, die durch hochkantige, zwischen den Klotzreihen eingelegte Leisten vorgeschrieben werden. Der obere Theil dieser Fugen wird mit Zementmörtel gefüllt, oder mit Asphalt, Pech und Theer vergossen. Bei den neueren Strassenpflasterungen mit Holz wird der Zementverguss bei Kiefernholz, der Asphaltverguss bei ausländischem Hartholz verwendet. In letzterem Falle werden aber möglichst enge Fugen genommen. Bei grösseren Holzflächen muss die Möglichkeit einer seitlichen Ausdehnung gegeben sein, weil sich sonst die Holzdecke beim Quellen aufbläht. Bei den neueren Strassenpflasterungen wird daher längs der Bordkante eine etwa 5 cm breite mit Thon gefüllte Fuge gelassen.

Fig. 869 a u. b.



e. Rostfussböden.

Der gewöhnliche Rostfussboden, Lattenrost, in Eiskellern, Badezimmern, auf flachen Metalldächern u. a. O. wird aus Dachlatten gefertigt, die an drei Seiten gehobelt und etwas abgefast sind, Fig. 870. Die Lattenböden werden fast

Fig. 870.



Fig. 871.

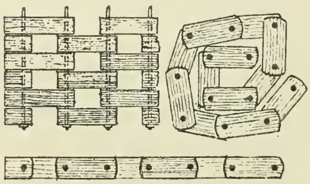
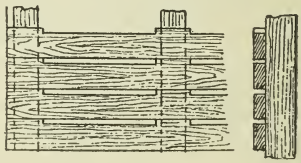


Fig. 872.



immer beweglich angeordnet, dies schon mit Rücksicht auf die Reinhaltung. Eine andere Rostkonstruktion, welche für das Aufnehmen noch geeigneter erscheint, stellt Fig. 871 nach Pat.-No. 20125 dar. Der Rost wird aus kurzen Lattenabschnitten gebildet, welche auf durchgehende eiserne Stangen geschoben sind.

Rostfussboden in Ställen, in welchen der Harn abgesondert werden soll, werden aus Bohlen gefertigt, die, wie Fig. 872 zeigt, entsprechende Ausschnitte erhalten. Statt der Balken können vortheilhaft Steinauflager gewählt werden, auf welchen die Bohlen dann nur lose liegen oder mit Keilen befestigt werden, sodass sie sich zur Reinigung der Abzugskanäle leicht entfernen und neu verlegen lassen. Die Theilung muss stets nach den Viehständen eingerichtet sein.

VI. Wandbekleidungen.

a. Wandbekleidungen im Inneren von Gebäuden.

Bei jedem Raum, welcher Holzfussboden erhalten hat, wird der Anschluss des letzteren an die Wand mit einer Holzleiste verkleidet. Ist diese von geringer Höhe, Fig. 873a, so heisst sie Scheuerleiste, wenn von grösserer, b, profilirte

Fussleiste oder, c, Fussleiste mit Sockelleiste und aufgeleimter Deckprofil-Leiste. Die Befestigung derselben geschieht durch lange Drahtstifte, die in eine Wandfuge, oder noch vortheilhafter, (Fig. 873c) in dafür vermauerte Holzklötze eingetrieben werden. Bei höheren Fussleisten kann man auch die Sockelleiste für sich am Fussboden befestigen, damit das Brett nach dem Schwinden keine Fuge am Fussboden ergiebt. Das Bestreben, die Balkenzwischenräume dauernd zu lüften, hat neuerdings dazu geführt, die Fussleisten mit kleinen Löchern zu versehen und schräg anzubringen, oder eine Eisenplatte mit Löchern einzufügen, Fig. 873d und e. Die Löcher müssen aber, um das Durchschlüpfen von Ungeziefer zu verhüten, mit Rosten oder sehr engem Drahtgitter geschlossen werden.

Wird die Holzverkleidung bis zur Höhe der Fensterbank hinauf geführt, so hat man die eigentlichen Lambris. Dieselben werden, wie Fig. 874a erkennen lässt, fast immer in Rahmen und Füllung gestemmt und sind deshalb Tischler-

Fig. 873.

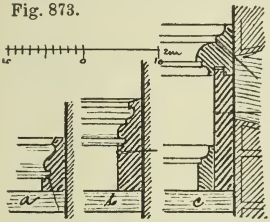
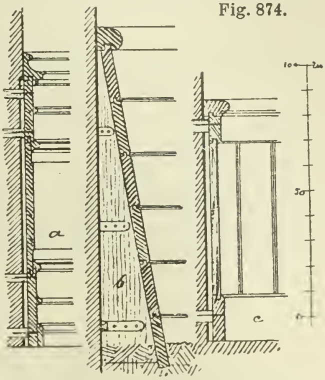


Fig. 874.

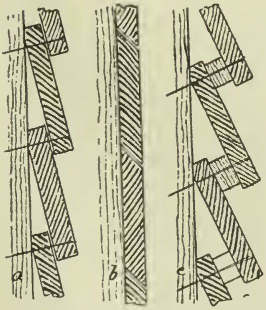


arbeiten, ebenso wie die noch höher hinauf reichenden Holz-Vertäfelungen der Wände.

Sollen Ställe von reicherer Durchbildung Holzverkleidung erhalten, so wird dieselbe gewöhnlich aus gespundeten Brettern hergestellt, Fig. 874c. Die obere Deckleiste kann mit der Krippenwand zusammen geführt, und die Krippe schräg nach unten gegen die Wand zugeschalt werden. Statt des Deckbrettes verwendet man mitunter auch eine Eisenleiste. Aehnlich sind die Bekleidungen in Reitbahnen, die gewöhnlich in wagrechter Richtung und 4 cm stark, Fig. 874b, auf Sattelhölzer genagelt werden. Letztere sind mit Bankeisen an der Mauer befestigt.

Mit einem Gerüst von Latten werden in Amerika häufig die Wände bekleidet, um die Innenseite zu isoliren und trocken zu legen. Auf zuerst vernagelten Querleisten oder unterlegten kleinen Knaggen, werden die Latten in etwa 20—30 cm weiten Abständen, gewöhnlich in schräger Richtung genagelt und mittels Rohrgewebe oder dergl. verputzt.

Fig. 875.



b. Wandbekleidungen am Aeusseren von Gebäuden.

Eine Verschalung der Aussenwände wird hauptsächlich bei Fachwerkgebäuden ausgeführt, deren freie Lage einen besonderen Schutz nöthig macht. Sollen die Bretter sichtbar bleiben, so kann man dieselben wagrecht, Fig. 875a, mit theilweiser Ueberdeckung vernageln: oder man ordnet sie senkrecht mit Spundung oder mit Deckleisten an, Fig. 850b. Bei Wohnhäusern kommt es oft vor, dass die Bretterverkleidung nur im Obergeschoss ausgeführt werden soll, während das Erdgeschoss massiv ist. In diesem Fall endigen die Bretter frei und werden zierlich ausgeschnitten. Sollen die Bretter eine Schieferbekleidung erhalten, so nagelt man dieselben am besten wagrecht mit Messerung, wie Fig. 875b zeigt; es können in diesem Falle die Schiefernägel nirgend eine Fuge treffen. Bei Getreide- und Heu-

schuppen, deren Fachwerk unausgefüllt bleibt, muss die Brettverkleidung gewöhnlich so angebracht sein, dass im Inneren ein steter Luftwechsel möglich ist. Man nagelt die Bretter in diesem Fall, Fig. c, jalousieartig, indem man an der Nagelstelle stets einen kleinen Knaggen unterlegt. Die Ueberdeckung soll hier 7,5 bis 8 cm betragen.

Wenn Schindel- oder Ziegelbekleidung ausgeführt werden soll, ist das Gebäude mit gleichmässigen Reihen von wagrechten Latten zu versehen, die für diesen Zweck genau von gleicher Stärke geschnitten und in einer Ebene genagelt sein müssen. Bei unebenen Wänden ist dies durch Unterlegen von Spähnen zu erreichen.

VII. Dach- und Gesimsschalungen.

(Vergl. hierzu auch den Haupt-Abschnitt II „Dachdekungen", sowie V „Metallkonstruktionen des Aufbaues".)

Pappe- und Holzzement-Dächer, gewöhnlich auch die Metalldächer, erfordern Schalung; Schieferdächer können auf Schalung oder auf Lattung, Ziegeldächer nur auf letzterer eingedeckt werden. Die Dachschalung ist aus gesäumten Brettern von 2,5 cm Stärke herzustellen. Für flache Dächer und besonders bei Holzzementdeckung muss die Schalung etwas stärker, etwa 3 cm, genommen werden und stets gespundet sein. (Vergl. S. 223.) Bei steilen Dächern ist für zweckmässige Anbringung von Leiterhaken zu sorgen; bei flachen Dächern sind einige Gerüstkrammen vorzusehen, die bei Reparaturen usw. an den Fronten benutzt werden. Die Richtung der Schalung ist gewöhnlich parallel zum First, bei Pfettendächern geht sie von der Traufe zum First. In der Regel liegt die

Fig. 876.

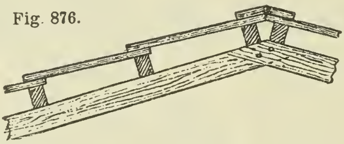


Fig. 877.



Schalung für jede Dachfläche in einer Ebene: eine Ausnahme bildet aber eine neuere Pappedach-Schalung, die in Brettlängen von 0,97 m auf die in Abständen von 0,90 m angeordneten Pfetten mit jedesmaliger Ueberdeckung vernagelt wird, Fig. 876. Man wendet bei dieser Deckungsart vorzugsweise Eisenfedern von 14 mm Breite für die Verbindung der Bretter an. Die Ausführung der Schalung muss gleichzeitig mit der Dachdeckung hergestellt werden. Soll die Schalung bei Gebäuden für vorübergehende Zwecke gleichzeitig die Deckung vertreten, so müssen bei flacher Neigung die Bretter normal zur Traufe mit Fugenleisten genagelt werden; bei steiler Neigung kann man indess auch nach Art von Fig. 875a parallel zur Traufe mit Ueberdeckung schalen.

Dachlatten sollen 4/6 cm stark sein. Ihre Abstände richten sich nach dem jedesmaligen Deckmaterial. Kehlen müssen stets etwa 25 bis 30 cm breit nach jeder Seite eingeschalt werden. Man wählt hierfür Zweiblatt, welches in die Latten eingetieft wird, so dass die Oberfläche mit denselben bündig liegt. Für ganz flache (nur noch selten vorkommende) Asphaltdächer wurden früher statt der Schalung ebenfalls Latten angewendet, die auf hoher Kante, bis auf 0,5 cm nahe an einander gerückt, vernagelt wurden. Die Fugen beförderten zugleich das Haften der Mörtelschicht, welche als Unterlage des Asphalts aufgebracht wurde.

Dachluken und Einfallichter erhalten eine Sparren-Auswechselung mit rings herum befestigtem Futterkranz, der nach Fig. 877 aus 3—4 cm starken Brettern um 10—15 cm aus der Dachfläche heraus tritt.

Mitbezug auf den Anschluss der Schalung oder Lattung an die Trauflinie sind überstehende Dächer von solchen mit Hauptgesimsen zu unterscheiden. Im ersteren Fall erhält der überstehende Theil gewöhnlich Schalung, die unterseitig gehobelt ist, und die sich bis zu dem Schutzbrett erstreckt, mit welchem das

Mauerwerk zwischen den Sparren verblendet wird. Die Rinne kann sowohl als Hängerinne wie als Kastenrinne angeordnet werden, und es wird hiernach das Gefälle entweder durch Aufschieblinge hergestellt, deren Länge dem Rinnengefälle entsprechend wechselt, oder durch eine Ausfütterung mit schief geschnittenen Hölzern. Fig. 878 zeigt bei *a* die Befestigung einer Hängerinne, bei *b* und *c* Kastenrinnen. Bei *b* wird das grosse Simabrett durch angeschraubte Ecken gehalten und die schief geschnittene Latte für das Rinnengefälle dahinter genagelt. Besser ist die Konstruktion bei *c*, wonach zunächst ein grosses Stirnbrett vor den Sparren angebracht wird, welches ein Deckbrett aufnimmt. Beide werden durch verschraubte Eisen zusammen und an der Schalung festgehalten; ein Brett für die Sima wird vorn dazwischen genagelt. Das Rinnengefälle kann hier mittels eines schräg geschnittenen Schalbrettes hergestellt werden. Dieselbe Figur zeigt wie ein weiterer Vortheil durch Anwendung eines untergeschobenen Blendsparren-Unterschieblings erreicht werden kann, der einestheils die Rinne kastenförmig von der Dachfläche trennt, und ausserdem den Vorzug besitzt, dass das Holz für die verzierten Köpfe in den kurzen Längen viel sorgfältiger ausgewählt und leichter bearbeitet werden kann. Soll bei einer Giebelausbildung die Sima am

Fig. 878.

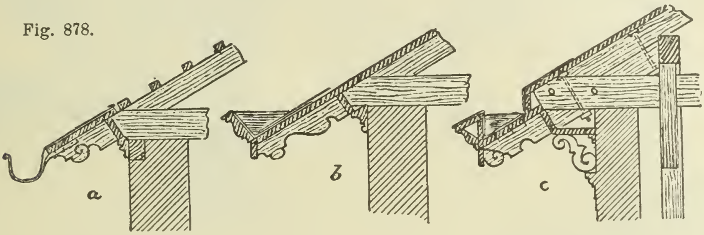


Fig. 879.

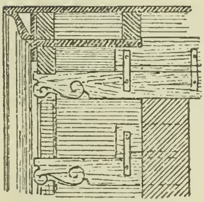
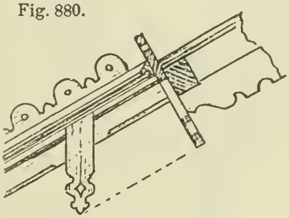


Fig. 880.



Giebel herumgeführt werden, so verlängert man den letzten Blendsparren bis unter den First hinauf und die sichtbaren Pfetten werden ebenfalls mit der etwa nöthigen Auffütterung, wie Fig. 879 in einem Längsschnitt zeigt, untergeblendet. Hierdurch erreicht man ausserdem, dass die Dachfläche bis an die Vorderkante der Sima in einer Ebene liegt. Fehlt der Blendsparren, so gestaltet sich der Giebelschnitt wie Fig. 880 zeigt. Der letzte Sparren wird mit einem verzierten Brett bekleidet, das am Ende mit einer entsprechenden Verbreiterung, als Palmette oder dergl., die Rinnen-Sima aufnimmt. Vorn wird das Brett mit einer aufgenagelten Leiste verziert und hinten muss der Anschluss an die Dachfläche mit einem Zugwinkel gedichtet werden. Um das Hirnholz der Pfetten zu schützen, pflegt man in diesem Fall vor letztere besondere Pfettenkopf-Bretter zu nageln. Bei etwa in der Giebelfront vorkommenden Füllungen mit ausgeschnittenen Ornamenten ist zu beachten, dass das Holz für letztere, sofern ihre Grösse etwa 0,5 qm überschreitet, doppelt und quer über einander verleimt sein muss, damit die kleinen überschnittenen Theile der Füllungen sich nicht werfen und nicht abbrechen können. Auch sollen solche Füllungen weit genug zurück liegen, damit nicht jeder Regen sie erreichen kann.

Ist kein Dachüberstand vorhanden, so findet sich an der Trauflinie in der Regel ein Hauptgesims. Nur bei ganz untergeordneten Ausführungen wird ein

Brett vor die Balkenköpfe genagelt und, Fig. 881a, eine Hängerinne angeordnet. Die Rinneisen werden an die Sparren, bezw. Aufschieblinge genagelt. Besser ist es, ein kleines Gesims vorzumauern, Fig. 881b; die Rinne findet dann auf demselben als Kastenrinne Platz und kann eine Verblendung erhalten, welche das Gefälle verdeckt. Das unterste Brett der Schalung, Traufbrett genannt, fasst über ein Stirnbrett, welches vor die Balkenköpfe genagelt wird. Die Rinne ruht in ihrer ganzen Länge voll auf einer kleinen Mauerbank, welche mit Zink besonders abgedeckt wird. Fig. 882 zeigt dieselbe Anordnung für ein grösseres Hauptgesims. Da für ein solches gewöhnlich eine Drempelwand vorhanden ist, so wird das Stirnbrett vor die Sparrenköpfe genagelt. Ein Attika-Blech verdeckt wieder das Gefälle und die Fuge zwischen Rinne und Auflagerbank; die

Fig. 881.

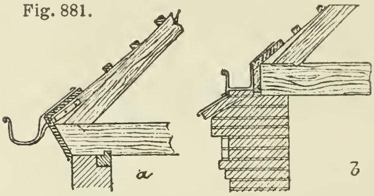


Fig. 882.

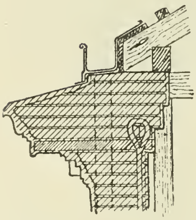


Fig. 883.

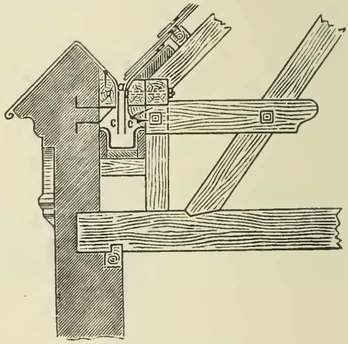


Fig. 884.

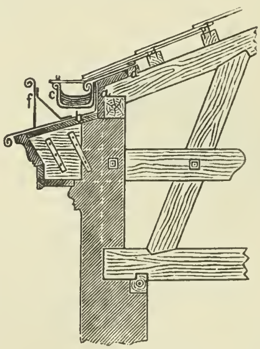
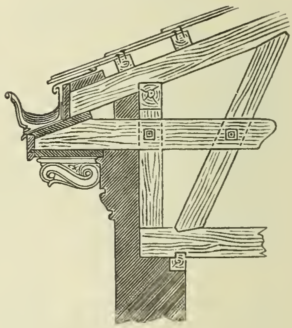


Fig. 885.



ganze Konstruktion empfiehlt sich durch grosse Einfachheit. Von etwas verwickelterer Anordnung ist die sogen. Knoblauchsche Rinne, Fig. 883. Der Grundgedanke derselben besteht darin, die ganze Drempelhöhe für das Gefälle nutzbar und die Rinne von innen leicht übersehbar zu machen; endlich soll sie frostfrei liegen. Der Rinnenlänge nach sich erstreckende Hängebleche leiten das Wasser der Rinne sicher zu. Die Konstruktion ist jedoch theuer und besitzt zugleich den Mangel, dass das Wasser schon bei kleinen Undichtigkeiten grossen Schaden anrichten kann. Ausserdem muss das Abfallrohr in der Regel ein Knie erhalten.

Soll das ganze Hauptgesims aus Holz hergestellt werden, so tritt der Rinnenschalung noch die Gesimsschalung hinzu, für welche ein konstruktives Gerüst in Verbindung mit der Dachkonstruktion vorzusehen ist. Gewöhnlich wird zu diesem Zweck die Drempelwand-Zange verlängert, und man bolzt oberhalb oder unterhalb derselben nach dem gegebenen Profil die erforderlichen Hölzer an. Fig. 884 zeigt eine solche Anordnung, welche gegen die in Fig. 886 dargestellte den Vortheil hat, dass das aus Undichtigkeiten der Rinne hinab träufelnde Wasser

von der Gesimsabdeckung frei ablaufen kann. Die Rinne wird aber nur durch die Rinneisen gehalten und leidet beim Begehen leicht Schaden. Auch wenn die Rinnensima an einer Giebelfront herumgeführt werden soll, ist anstelle der vertieften Rinne, Fig. 886, besser die Anordnung Fig. 885 zu wählen, wobei das Gesims in Höhe der Hängeplatte abgedeckt und die Sima aus Metall darauf befestigt wird. Für Gesimse von grösserer Ausladung geben die Fig. 887—890 noch einige weitere Beispiele, bei denen gleichzeitig besonders eine schadlose und leichte Begehbarkeit der Rinnen angestrebt ist. Bei hohen Dächern dürfte die in Fig. 888 gezeigte Anordnung eines Lattenrostes in der Rinne sehr zu empfehlen sein, weil derselbe das schnelle Aufthauen des Schnees wesentlich befördert. Diese Anordnung ist auch bei weitem derjenigen vorzuziehen, welche Fig. 887 zeigt, da für diese die Gesimsabdeckung zur Befestigung der Geländerstützen mehrfach durchlöchert werden muss.

Fig. 886.

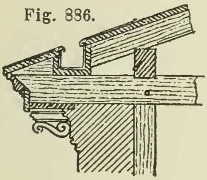


Fig. 887.

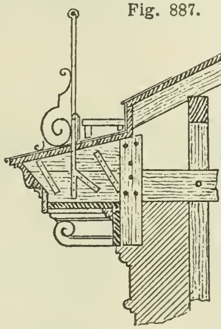


Fig. 888.

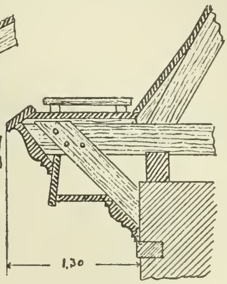


Fig. 889.

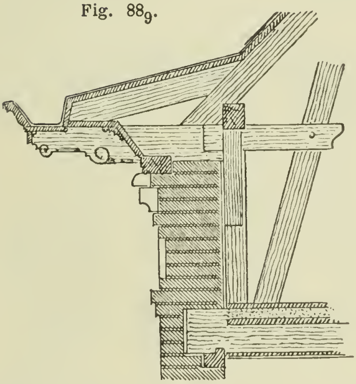
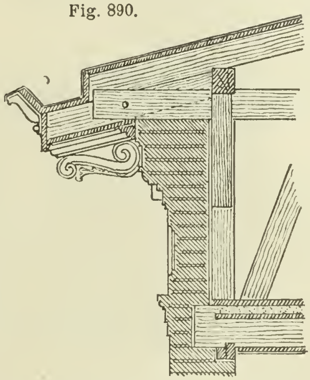


Fig. 890.



Im übrigen ist für die Haltbarkeit und Güte der Zimmerwerktheile bei Gesims- und Rinnen-Konstruktion nur dann Gewähr zu übernehmen, wenn ein vorzügliches festes Holz verwendet und eine sehr genaue Arbeit geliefert wird.

VIII. Thüren, Thore und Luken.

Bei Thüren und Thoren unterscheidet man solche mit drehbaren Flügeln und solche, die zum Schieben eingerichtet sind. Gewöhnliche Thüren werden 1 m breit, Stallthüren im allgemeinen 1,25 m breit und 2,20 m hoch ausgeführt. Fig. 891 a, b und c zeigen drei verschiedene Arten von Thüren. Bei a ist eine einfache Bretterthür dargestellt; die Bretter werden gesäumt oder, besser, gespundet und erhalten oben und unten eine auf Schwalbenschwanz eingeschobene Leiste und eine aufgenagelte Strebe mit Versatzung. Fig. 891 b stellt eine

stärkere doppelte Bretterthür dar, welche gleichfalls aus senkrecht stehenden, gespundeten Brettern besteht, die aber auf der Aussenseite einen vollständigen Rahmen haben und über die ganze Fläche mit Diagonalbrettern benagelt sind. Derartige Thüren dienen vielfach als Hausthüren in ländlichen Wohngebäuden. Etwas weniger Holz erfordern die Jalousie-Thüren, Fig. 891c, die einen gestemmten Rahmen (s. Fig. 845, S. 295) aus 3—3,5 cm starkem Holz erhalten, während die Füllungen mit schräg gehobelten, über einander geschobenen Brettern ausgefüllt werden. Fig. 891d zeigt eine zweiflügelige Speicherthür von 1,70 m Breite. Die Rahmen werden aus 15—17 cm breitem und 4 cm starkem Holz zusammen gestemmt, die Riegel mit Versatzung eingefügt, und die ganze Thür wird senkrecht oder schräg mit 2,5 cm starken Brettern benagelt. Die Ecken der Thüren sind mit eingelassenen Eisenwinkeln gut zu sichern, um der oft rohen Behandlung von vornherein zu genügen.

Fig. 891.

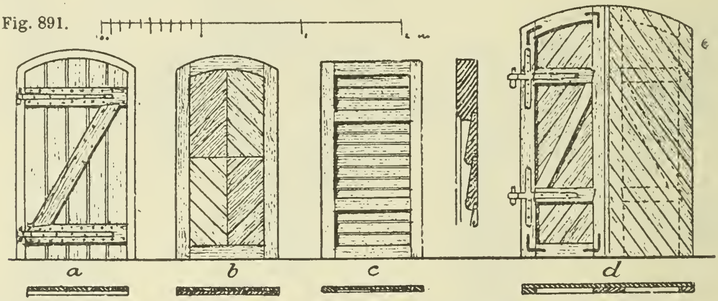
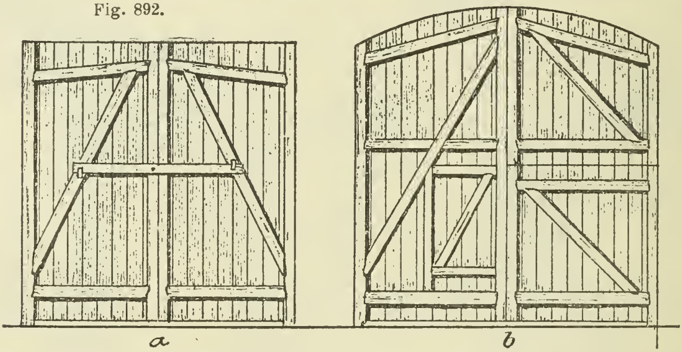


Fig. 892.



Noch grössere Oeffnungen werden als Thore bezeichnet, die Breitenabmessungen von 3—4 m erhalten. Die Bewegung erfolgt auf einem unteren Dorn, der in einer Eisenplatte auf einem Werkstein befestigt ist; oberseitig wird der Thorflügel durch ein Halsband gehalten, das in der Mauer verankert sein muss. Man stellt diese Thore zumeist als sogen. Riegelthore aus Kreuzhölzern her. Jedes Thor erhält, wie Fig. 892a, an den Seiten eine Wendesäule und in der Mitte eine Schlagsäule, einen Unter- und Ober-Riegel und eine Strebe. Weitere Hölzer können, Fig. 892b, nach Bedarf und besonderen Anforderungen hinzu gefügt werden. An der linken Seite zeigt die Figur eine kleine Thür zum Durchschlüpfen, durch welche indess die Strebe nicht unterbrochen werden darf. Die rechts gezeigte Anordnung theilt den ganzen Thorflügel in wagrechtem Sinne in zwei Theile; sie wird hauptsächlich für Scheunenthore ausgeführt. Der Verschluss geschieht mittels eines Schwengels, der entweder die Verlängerung eines Mittelriegels ist, oder sich als sogen. Drehschwengel, Fig. 892a, an der einen Schlagsäule bewegen lässt. Die Aussenseite der Thore wird mit 4 cm starken gespundeten Brettern benagelt.

Die Konstruktion der Schiebe-Thüren und -Thore zeigt Fig. 893. Eine Verstrebung ist entbehrlich und wird nur, etwa wie in Fig. 893a, als Verzierungsmittel angewendet. Die Ecken müssen aber Eisenwinkel erhalten und die Tragbänder für die Rollen mittels durchgehender Schrauben befestigt werden; die Rahmenhölzer werden 5—7 cm stark. Da die grossen Schiebethore oft sehr schwer ausfallen, ordnet man die Laufschiene auch wohl unten an und lässt dann die Rollen mit verschiebbaren Achsen in einem Schlitz laufen, Fig. 894. Indem sowohl die Achse wie auch das Rad vorwärts rollt, wird der Reibungswiderstand sehr gering.

Den Verschluss von Oeffnungen, die keinen eigentlichen Durchgang bilden sollen oder die in Decken bezw. Dächern liegen, nennt man Luken. Solche werden in einfachster Weise wie die Bretterthüren, Fig. 891a, hergestellt, mit

Fig. 893.

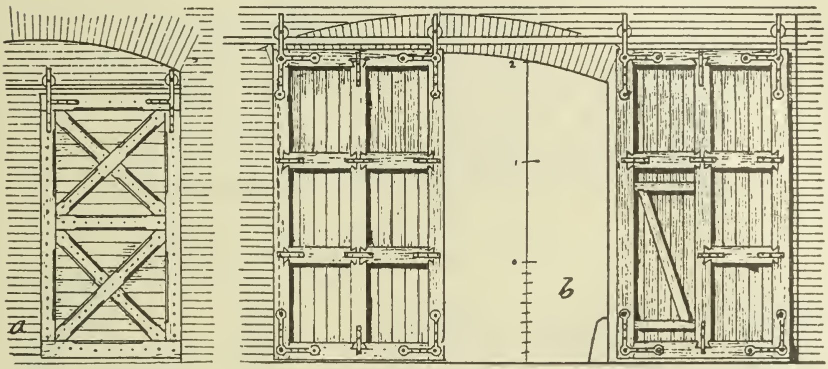


Fig. 895 a u. b.

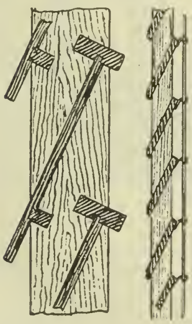
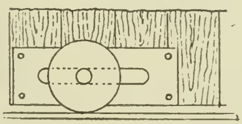


Fig. 894.



Schubriegeln in den Fachwerkstielen oder in einer Zarge. Liegt die Luke wagrecht, so muss sie entweder als Hebeluke, Fig. 877, oder als Fallluke angeordnet werden. In letzterem Fall entspricht sie wieder den Bretterthüren mit eingeschobenen Leisten. Letztere treten an der Unterseite vor, so dass die Oberseite mit dem Fussboden eine Ebene bildet. In beiden Fällen erhalten die Luken angeschraubte Scharnierbänder, Ueberfalleisen usw. Für Speicherkeller kommen auch wagrecht liegende Rolluken vor, die als eine ebene, mit Rollen auf Schienen laufende Tafel hergestellt sind (z. B. Lagerhäuser des Hafens in Breslau. Siehe Denkschrift über den Hafen, herausgegeben vom Magistrat 1901).

Braucht der Verschluss kein dichter zu sein, so genügen jalousieartige Luken. Fig. 895 zeigt, wie dieselben aus einzelnen Brettern bestehen, die entweder in eine seitliche Zarge eingestemmt und fest sein können, oder mittels eines Dorns und hinterer gemeinsamer Eisenstange mit Scharnierbändern bewegt werden. Bei einiger Grösse der Luke werden die Jalousiebretter stets fest gesetzt. Figur 895a zeigt das Profil der Schalluken eines Thurmes im Glockenboden. Die Bretter sind in starke Lattenhölzer eingefalzt, bezw. auf Schwalbenschwanz eingelassen und in einer 5 cm starken Seitenwange befestigt.

IX. Zäune und Einfriedigungen.

Man unterscheidet Lattenzäune und Bretterzäune. Erstere sind gewöhnlich nicht höher als 1—1,3 m, letztere in der Regel 1,50—2 m. Einen Lattenzaun nach Fig. 896a bezeichnet man als Netzwerk. Die Pfähle stehen in Entfernungen von 2,5—3 m und die Querlatten sind aufgenagelt und eingeblattet. Das Netzwerk besteht aus über einander genagelten dünnen Schlettstangen. Rücken bei einer grösseren Höhe des Zaunes die Pfähle auf 2 m zusammen und wird noch eine Mittellatte angebracht, so nennt man den Zaun gewöhnlich Schluchterwerk oder Geländer. Bei etwas weitergehenden Anforderungen ordnet man die Zäune nach Fig. 896b als Stakete an. Die Latten werden hierfür in der Regel gehobelt und u. Umst. auch gefast, sowie je nach den Ansprüchen an den Enden zierlich ausgeschnitten. Fig. 896c zeigt eine noch reichere Anordnung, bei der ein Netzwerk aus dünnen Brettern oben in ein profilirtes Deckholz, unten in ein Schwellholz eingefalzt ist. Die Pfähle sollen 0,75 bis 1 m in der Erde

Fig. 896.

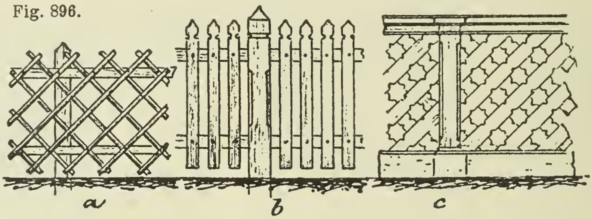


Fig. 897.

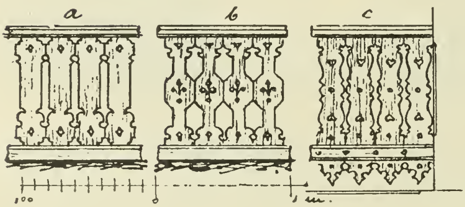
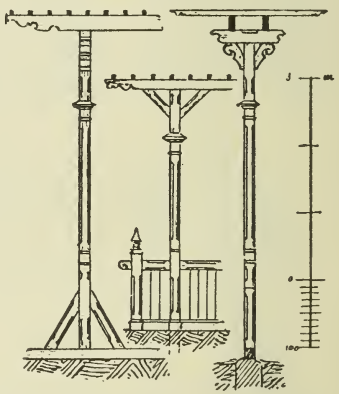


Fig. 898.



stecken, werden mit einigen Steinen festgepackt oder erhalten ein unternageltes Brettstück oder ein paar lange Querarme. Sind die Pfähle in ein Schwellholz verzapft, so wird sich der Zaun in der Regel zu einem Brüstungsgeländer gestalten, wie solche sowohl bei Veranden und Balkons üblich sind, wie auch als Zäune z. B. bei pergola-artiger Ausbildung derselben verwendbar werden. Fig. 897 giebt einige Beispiele für solche Geländer. Die ganze Fläche wird gewöhnlich durch Bretter ausgefüllt, die, mit zierlichen Ausschnitten versehen, Gelegenheit zu reicherer Ausbildung bieten; die Bretter sind 2—2,5 cm stark. Die Einfügung dieser Zäune in eine Pergola zeigt Fig. 898. Die langen Stiele müssen entweder 1,5—2 m tief eingegraben sein und nehmen dann die Schwelle wie auch den Brüstungsriegel mittels Zapfen auf; oder die Stiele sind in eine Schwelle verzapft. Wenn in diesem Fall nicht Pfosten und Fundament gehörig verankert werden können, ist es wünschenswerth, kleine Strebebänder anzuordnen, welche die Stellung der ersteren sichern.

Bretterzäune oder Planken. Bei der einfachsten Ausführung sind die Bretter in wagrechtem Sinne an die eingegrabenen Pfähle genagelt. Letztere sollen nicht unter 20—22 cm stark sein, werden oben abgewässert, erhalten ein Deckbrett und stehen in Abständen von etwa 2—2,5 m. Sie müssen 1—1,2 m

tief eingegraben sein, wenn die Planke 1,8—2 m hoch werden soll. Bei weiter gehenden Ansprüchen werden zwischen den Pfählen Riegelhölzer eingeblattet und die Bretter an diesen in senkrechter Richtung genagelt. Die — gehobelten — Bretter erhalten Deckleisten oder werden mit einem Kehlstoss zusammen gespundet. Das obere Hirnholz der Bretter muss, wie Fig. 899 a und b zeigen, entweder mit einer aufgenutheten Deckleiste geschützt werden, oder die Brettenden werden zierlich zugeschnitten. Fig. 899 c zeigt, wie einem Bretterzaun leicht ein etwas reicheres Aussehen gegeben werden kann, wenn man einen Schwell- und Brüstungsriegel einfügt und die Bretter in verschiedenen Richtungen anordnet. Soll der obere Theil wie bei *d* durchbrochen sein und nur ein Drahtgeflecht erhalten, so kann man auch die Pfähle in ein durchgehendes Schwellholz verzapfen; in diesem Fall sind an der Rückseite Strebebänder anzuordnen.

Fig. 899.

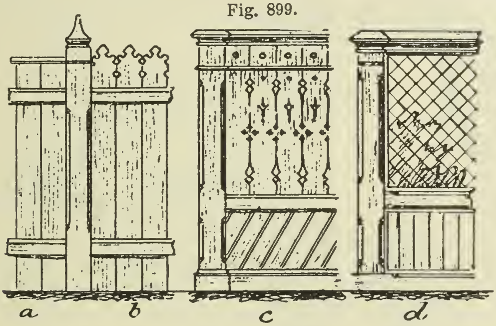


Fig. 900.

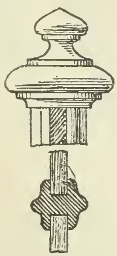
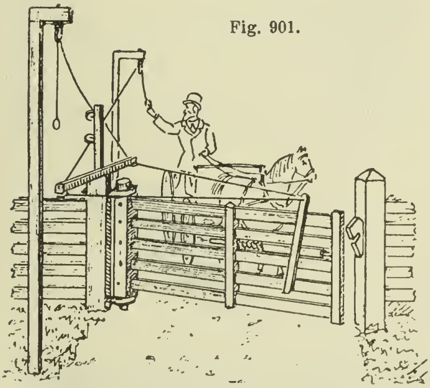


Fig. 901.



Das Hauptaugenmerk ist auf Schutz und Erhaltung der Pfähle zu richten. Theeren und Ankohlen sind nur wenig bewährt, besser sind sie durch einen Anstrich mit Karbolineum gesichert. Bei wichtigen Ausführungen ist das amerikanische Verfahren empfehlenswerth, nach welchem die Enden der Pfähle einige Zeit in heisses Leinöl getaucht werden; in noch feuchtem Zustande bestreut man dieselben dann mit Holzkohlenstaub und wiederholt dieses Verfahren, bis sich eine leichte Kruste gebildet hat.

Fig. 900 giebt Grundriss nebst Ansicht der Gusstäbe eines Zaunes mit eisernen Pfählen nach dem Patent von Hoffmann in Leipzig. Die Bretter werden nach den Abständen der Pfähle auf Länge geschnitten und in die Nuthen der Pfähle geschoben. Die Befestigung erfolgt durch das Aufschrauben des Kopfes, der nicht leicht gelöst werden kann.

In Fig. 901 ist als Beispiel ein Thor in einem Wildgehege mitgetheilt, welches sich von jeder Seite durch einen Schnürzug vom Wagenbock aus öffnen lässt und sich mittels einer Spiralfeder zwischen den Mittellatten selbstthätig wieder schliesst. Unter ähnlichen Verhältnissen werden auch wohl zwei selbstzuschlagende Thore hinter einander verwendet, deren Zwischenraum dann eine ähnliche Aufgabe zugewiesen ist, wie den Kammern in Kammerschleusen.

D. Treppenkonstruktionen.

(Vergl. auch über steinerne Treppen S. 184 ff.)

Nur bei den geringsten Ansprüchen an Bequemlichkeit sind Treppen durch Leitern ersetzbar. Man unterscheidet dio sogen. Bauleiter, Fig. 902a, welche aus swei starken Bäumen mit eingefalzten Stufen aus Dachlatten besteht, von der leichteren Malerleiter, welche bei b dargestellt ist. Leitersprossen erhalten Abstände von 27—30 cm. Werden zwei Leitern an einem Ende gelenkartig verbunden, Fig. 903, so können sie ausser als Setzleiter auch als Leiter von doppelter Höhe der Einzelleitei benutzt werden. Die Wangenlappen der einen Leiter legen sich dann gegen die Sprossen der anderen.

Fig. 902 a u. b.

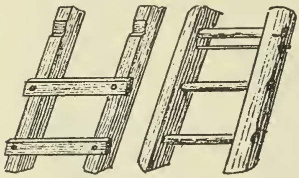


Fig. 905.

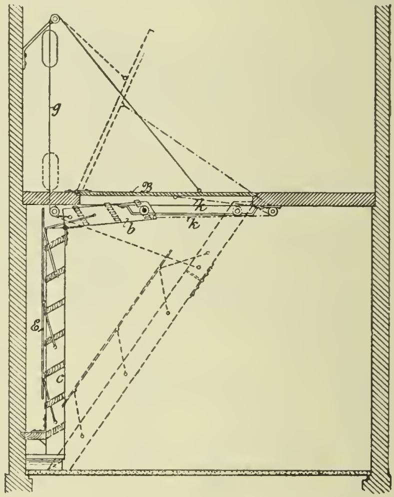


Fig. 903.

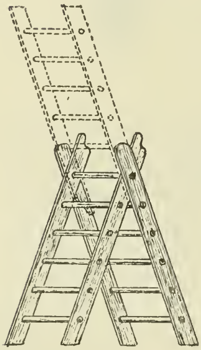


Fig. 904.

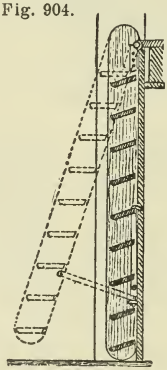
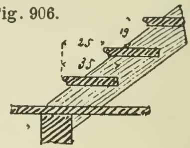


Fig. 906.



Wenn statt der Sprossen Bretter verwendet werden, so entsteht aus dieser Konstruktion die sogen. Tritt- oder Bockleiter, in deren unterer Hälfte stets ein Eisenband zum Festhalten angebracht sein muss. Fig. 904 stellt eine solche Leiter, für einen Bodenaufgang benutzbar gemacht, dar, während sie für gewöhnlich in einer Thürlaibung verschlossen liegt. Etwas umständlicher, aber mitunter vortheilhaft zu verwenden, ist die sogen. Fallthürtreppe, Fig. 905. Sie gestattet die volle Ausnutzung des unteren Raumes und ist mit der Fallthür derart in Verbindung gebracht, dass die Klappe sich mit dem Einstellen bezw. Umlegen der Treppe selbstthätig öffnet und schliesst.*)

Speichertreppen, die einfachste Treppenart, erhalten ein Steigungsverhältniss bis etwa 20 zu 24 cm, wobei jedoch die Trittstufen, Fig. 906, etwa 35 cm breit werden müssen. Wegen der über Speichertreppen häufig fortzuschaffenden schweren Lasten macht man die Trittstufen nicht unter 5 cm und die Wangen nicht unter 7 cm stark. Die unterste und oberste Stufe wird mit Zapfen in die Wange verleimt oder (nach Fig. 847, S. 295) verzinkt; die übrigen Stufen werden einfach

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1895, S. 258.

in eine Nuth eingeschoben. Windungen werden möglichst vermieden, oder mit einer oder zwei Keilstufen um einen festen Pfosten ohne weiteren Uebergang ausgeführt. Aehnlich einfach wie Speichertreppen behandelt man die Treppen für vorüber gehende Anlagen. Ebenfalls für äussere Haus- und Veranda-Aufgänge bedient man sich solcher Treppen ohne Stosstufen; doch werden für diesen Zweck auch vielfach Wangen aus Eichenholz und aufgesattelte Trittstufen (Fig. 907b) vorgezogen.

Innerhalb der Wohnhäuser kommen nur Treppen vor, deren Stufen für die Ansicht von unten durch Stossbretter geschlossen sind. Das Steigungsverhältniss wird dem menschlichen Schritt nach erprobten Normen angepasst. Diese sind $b + h = 43$ cm, oder: $b + 2h = 63$ cm, je nachdem man eine untergeordnete oder bessere Treppe anlegen will. Eine neuere Regel, die von Warth angegeben ist, lautet: $\frac{4}{3}h + b = 52$ cm. h ist in diesen Formeln die Steigung und b die Breite des Auftritts, aber ohne Hinzurechnung des Ueberstandes der Trittstufe. Für Wohnhäuser liegt das Maass der Steigung gewöhnlich zwischen 16 und 20 cm.

Fig. 907.

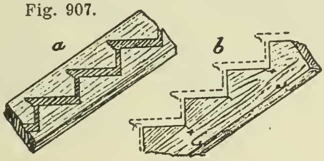
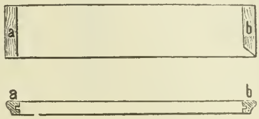


Fig. 908.



Eine kleinere Steigung wird nur für Treppen in Palästen und öffentlichen Gebäuden angewendet, während eine grössere nur noch für Boden- und Kellertreppen oder für solche Treppen genügt, die überhaupt nur wenige Stufen hoch sind.

Die beiden zuletzt angegebenen Regeln liefern folgende Tabellen-Werthe:

Steigungsverhältnisse der Treppen in cm

berechnet nach der Formel:			berechnet nach der Formel:		
h	$2h + b = 63$ b	$\frac{4}{3}h + b = 52$ b	h	$2h + b = 63$ b	$\frac{4}{3}h + b = 52$ b
12	39	36	16,5	30	30
12,5	38	35,4	17	29	29,4
13	37	34,7	17,5	28	28,7
13,5	36	34	18	27	28
14	35	33,4	18,5	26	27,4
14,5	34	32,7	19	25	26,7
15	33	32	19,5	24	26
15,5	32	31,4	20	23	25,4
16	31	30,7			

In mehrgeschossigen Häusern sollten sämmtliche Treppen möglichst das gleiche Steigungsverhältniss haben. Dies ist mitunter schwer zu erreichen, weil, wenn sich auch das einmal angenommene Maass für den Auftritt leicht in jedem Geschoss wieder anordnen lässt, sich doch dasjenige für die Steigung erst aus der Geschosshöhe ergiebt. Wenn daher diese nicht ohne Rest durch die Steigung theilbar, so ist es, besonders für hohe Miethhäuser, sehr wichtig, dass keine der oberen Treppen eine grössere Steigung als die nächst untere erhält. Wenn bei der Feststellung der Geschosshöhen die Steigung der Treppen von vornherein berücksichtigt wird, kann man in hohen Häusern einen angenehmen Treppenaufgang dadurch schaffen, dass man den Stufen jedes folgenden Geschosses bei demselben Auftritte 1—2 mm weniger Steigung giebt.

Die Stufen werden entweder in die Wangen eingeschoben (2 bis 2,5 cm tief) oder aufgesattelt, Fig. 907a bezw. b. Da durch das Aufsatteln viel an Wangenstärke verloren geht, kann man, wie bei den beiden unteren Stufen angedeutet ist, die

vortretenden Ecken auch als besondere Knaggen aufleimen; dadurch wird aber der Arbeitslohn erhöht. In jedem Fall soll das geringste Maass (y) nicht unter 15 cm betragen, und die Wange erhält eine Stärke von 7—10 cm. Bei eingeschobenen Stufen ist eine Wangenstärke von 6—7 cm genügend. Aufgesattelte Treppen werden an der Wandseite gewöhnlich als eingeschobene Treppen hergestellt. Es genügt für die Wandwange eine Stärke von 4—5 cm. Hat eine Treppe eine grössere Breite als 1,5 m, so muss unter der Mitte der Stufen noch eine dritte Unterstützungswange angeordnet werden.

Bei eingeschobenen Treppen können sich die Trittstufen nicht werfen, weil sie in den Wangen festgehalten werden; bei aufgesattelten dagegen müssen dieselben Hirnleisten erhalten, welche, wie Fig. 908 zeigt, auf Gehrung oder vorn durchgehend angeleimt sein können. Jede Stufe wird ausserdem mit zwei Holznägeln oder Holzschrauben auf jeder Wange befestigt. Die Wangen von Treppen

Fig. 909.

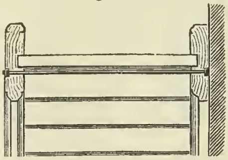


Fig. 910.

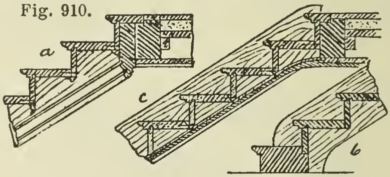


Fig. 911.

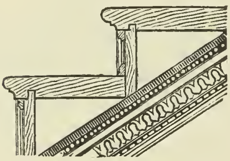


Fig. 912.

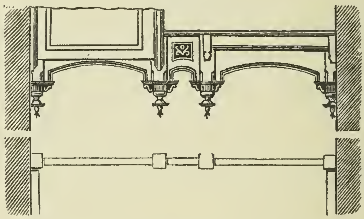
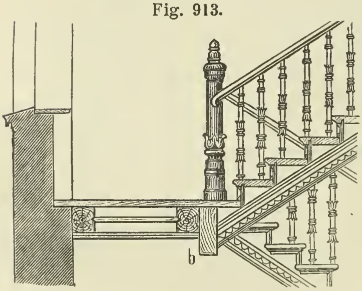


Fig. 913.



mit eingeschobenen Stufen müssen, Fig. 909, mit Eisenstangen zusammen gehalten werden; trotzdem können sie als die stärkeren gelten.

Die Trittstufen werden 5 cm stark und mit den Stossbrettern oder Setzstufen auf Nuth und Feder verbunden, Fig. 910. Bei reicheren Treppen wird, wie bei a, die Fuge zwischen Tritt- und Setzstufe durch eine besondere Leiste verdeckt; oder man ordnet eine breitere Setzstufe mit unterhalb vorstehender Profilirung an, wie dies dieselbe Figur b bei der unteren Stufe ersichtlich macht.

Schlichte Treppen werden unterwärts verschalt und geputzt, wozu, Fig. 910c, die Unterkante der Stossbretter schräg angehobelt wird, damit die Schalung leicht genagelt werden kann. Soll die Treppe trotzdem eine feinere Ausbildung erhalten, so muss man die Stossbretter, Fig. 911, mit aufgeleimten Leisten einfassen, oder die Wange mit Schnitzereien usw. verzieren.

Die erste Stufe einer Treppe heisst Antrittsstufe; sie nimmt die Last der ganzen Treppe auf und man bildet sie daher gern als sogen. Blockstufe aus, Fig. 910b; dieselbe muss immer sehr sicher unterstützt sein. Die letzte Stufe heisst Austritt; sie lehnt sich gewöhnlich unmittelbar gegen den oberen Treppenwechsel, welcher, Fig. 910c, um so viel aufgefalzt werden muss, wie die Trittstufen stärker sind, als die Fussbodendielen. Nur bei aufgesattelten Treppen legt man mitunter durch die ganze Breite des Treppenhauses, Fig. 910a, noch eine besondere Bohle vor den Treppenwechsel, die gehobelt und entsprechend profilirt ist.

Kein „Lauf“ einer Treppe soll mehr als 12—15 Stufen erhalten. Ist die Geschosshöhe hiermit nicht zu überwinden, so muss, wenn der Raum es irgend gestattet, in der Mitte ein Ruheplatz „Podest“ eingeschaltet werden; die Treppe gestaltet sich hierdurch zwei- oder mehrarmig. Die Lage der Arme ist durch die Form des Treppenhauses gegeben. Fig. 913 zeigt eine Treppe mit zurückkehrendem Lauf. Ein solches Podest erhält eine besondere Balkenlage und die Wangen setzen sich bei aufgesattelter Treppe gegen die Bohle *b*. Bei eingeschobener Treppe wird dagegen die Wange nicht unterbrochen, sondern mittels eines verleimten Kropfstückes, Krümmling genannt, in die neue Richtung übergeführt. Der Krümmling lehnt sich hierbei hart gegen den Podestbalken. Soll sich die Treppe im rechten Winkel zum ersten Lauf fortsetzen, so kann das Podest entweder an einer sogen. schwebenden Ecke, Fig. 749 g, S. 251, befestigt werden, oder man stellt die Treppe freitragend her. Noch zwei andere Beispiele für Podeste der ersteren Art zeigt Fig. 914. Bei *a* ist der Podestbalken in einen anderen durchgehenden Balken verzapft, und wird (s. Schnitt *a b* bei *d*) durch den Zapfen gehalten. Liegt die übrige Balkenlage nicht in der Höhe des Podestes, so muss zur Unterstützung ein schräg gelegter Balken *a b* angeordnet werden, in den ein Diagonalbalken verblattet ist, der die Ecke trägt. Die Treppe wendet sich dann bei Aufsattelung in ganz ähnlicher Art um einen schwebenden Pfosten, Fig. 913. Hat die Treppe eingeschobene Stufen, so muss wieder ein Krümmling eingefügt werden, der sich gegen die Podestdecke lehnt. In der Regel wird man aber, besonders im letzteren Fall, die Treppe freitragend konstruiren.

Fig. 914 a, b u. c.

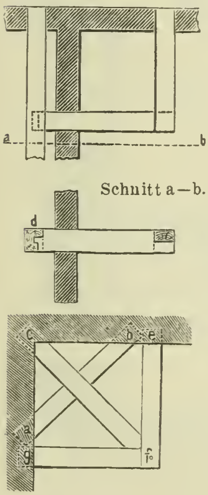
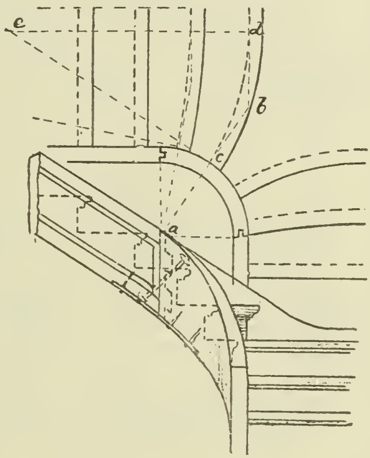


Fig. 915.



Der nach Fig. 915 verzapfte und mit einem durchgezogenen Bolzen gesicherte Krümmling nimmt hierbei die Last des Podestes auf und überträgt sie auf die Antrittsstufe. Auf die Befestigung und Verleimung desselben muss besondere Sorgfalt verwendet werden. In der Regel müssen die letzten Stufen vor und nach dem Podest etwas gezogen werden, damit das Podest selbst regelrecht in den Krümmling eingelocht werden kann. Fig. 915 zeigt, wie man hierzu für das Podest und für die beiden zunächst liegenden Stufen je ein gleich grosses Stück der Innenseite des Krümmlings bestimmt, und dann durch die betr. Theilpunkte die Halbmesser *a b* zieht. Man bestimmt dann *a* so, dass $b\,c = c\,a$ wird, woraus sich der Mittelpunkt *e* für jede Stufe leicht ergiebt. Ist der Krümmling sehr gross, so wird zur sicheren Befestiguog noch eine Eisenschiene zuhilfe genommen (s. Fig. 915). Bei einer dreiarmigen Treppe, bei der der obere Lauf an beiden Seiten eine frei tragende Windung erhalten würde, ist diese ganze Konstruktion indessen immer verwerflich, und man muss für den oberen Lauf das Podest sicher unterstützen. Kann die Treppe kein Podest erhalten, so müssen auch in den Krümmling Stufen eingelocht werden und man erhält eine gewundene Treppe. Die Stufentheilung geschieht bei derselben auf der Mittellinie, und es darf an der Wange keine Stufe schmäler als 6—7 cm

werden. Um den plötzlichen Uebergang zwischen den geraden Stufen und den gewundenen zu vermeiden, müssen von ersteren einige etwas „gezogen“ werden. Fig. 916 zeigt diese Anordnung im Grundriss. Man bestimmt zunächst die erste und letzte Stufe, die gezogen werden sollen: in der Fig. Stufe 4 und 18. Dann dienen zur genauen Ermittelung der Auftrittbreite an der Innenseite der Freiwange zwei Proportional-Theilungen. Die auf der ersten nach vorläufiger, nach Gutdünken festgestellter Annahme des kleinsten und grössten Auftrittes, ermittelten Stufenbreiten werden nach einander auf einer geraden Linie abgetragen, und ihre Summe wird durch die zweite Proportional-Theilung gleich der abgewickelten Länge der inneren Wangenseite gemacht. Die Treppe ist bei guter Beachtung dieser Uebergangstheilung nicht nur bequemer zu ersteigen, sondern die Wange zeigt auch eine schönere Linie ohne Knicke. Die Wandwange wird gleicherweise ununterbrochen herum geführt, und muss bei halbkreisförmigem Grundriss ebenfalls aus Krümmlingen verleimt werden. Ist der Grundriss eckig, so wird die Wandwange in den Ecken zusammengezinkt; bei der Grundrisstheilung darf kein Stossbrett gerade in die Ecke treffen. Diese Ausführungsweise ist ebenfalls bei aufgesattelten Treppen möglich; doch ist dann eine recht starke Wange erforderlich, weil dieselbe durch die steilen Stufen am Krümmling sehr verschnitten wird.

Fig. 916.

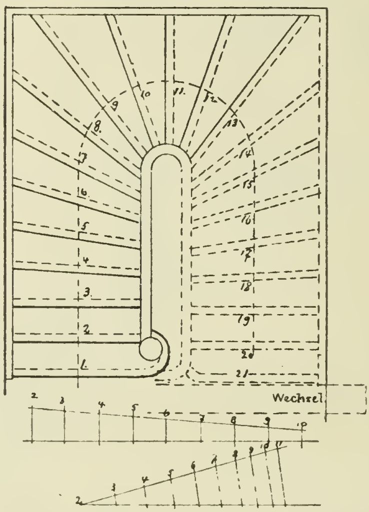
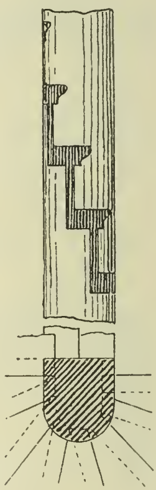


Fig. 917.



Wesentlich einfacher wird die Ausführung der gewundenen Treppen, wenn man sie nicht frei tragend, sondern mit einem feststehenden Pfosten konstruirt; Fig. 917 zeigt, wie die Stufen in einem solchen eingelocht werden. Diese Ausführungsweise eignet sich indessen nur für untergeordnete Gebäude, da an dem Pfosten das Geländer jedesmal unterbrochen wird.

Eine häufigere Anwendung finden solche Treppen aber als eigentliche Wendeltreppen; der Pfosten heisst in diesem Falle Spindel, und die Stufen vertheilen sich rings auf den ganzen Umfang der kreisrunden Spindel. Die Spindelstärke richtet sich nach der Anzahl der Stufen einer Windung, da jede mindestens 5 cm Umfangslänge für ihre Einlochung erhalten soll. Die Aussenwange richtet sich entweder als Wandwange nach der Gestalt des Raumes, oder man konstruirt die Treppe freitragend, in welchem Fall die Wange entsprechend stärker sein muss. Solche Treppe kann ohne Unterstützung nur mit einer $1^1/_2$—2 fachen Windung und nur ohne zwischenliegendes Podest ausgeführt werden.

In letzterem Falle wird neuerdings eine abweichende Herstellungsart für diese Treppe angewendet. Man vermeidet nämlich die sonst nothwendige Verleimung der Wangen aus Krümmlingen, indem man eine Hilfstrommel konstruirt, auf der die Treppenwange genau vorgerissen ist. Um diese Trommel herum biegt man sodann die eigentliche Wange aus dünnen Brettern, die in mehrfachen Lagen mit einander verleimt werden. Endlich kann man auch den Wendeltreppen dadurch ein besonders zierliches Ansehen geben, dass man statt der hölzernen eine eiserne Hohlspindel anwendet. Eine solche braucht nur etwa 12 cm

Durchmesser zu haben, und jede Stufe wird mittels eines Eisen-Lappens daran befestigt.

Falls die Aussenwange der Wendeltreppe eine Wandwange wird, kann man die Treppe, statt mit einer Spindel, auch freitragend mit einer gewundenen Innenwange konstruiren. Die Treppe richtet sich dann ganz nach der Gestalt des Raumes, und kann sowohl in kreisrunder, wie in Ellipsen- oder eckiger Form gewunden werden. Die Konstruktion bietet nichts wesentlich Abweichendes. Man ermittelt die Wange nach dem Grundriss und dem angenommenen Steigungsverhältniss und verleimt sie aus so vielen Stücken als dies die Windung nothwendig macht.

Eine besondere Art von Treppen sind die Blocktreppen. Nach Fig. 918 ist jede Stufe aus einem vollen Stück Holz gefertigt. Die Konstruktion geschieht auf zweierlei Weisen. Bei der ersten vermauert man das eine Ende der Stufen, um eine den Steintreppen ähnliche freitragende Treppe zu erhalten. Die Stufen müssen dann mit einem entsprechenden Profil einander übergreifen und mittels Eisen verbunden sein. Fig. a und b zeigen wie dies entweder durch eine untergeschraubte eiserne Schiene geschehen kann, oder mittels zwei Reihen eiserner Bolzen bewirkt wird, die an jedem Ende durch die Stufen verbohrt sind und wechselweise je zwei Stufen zusammen halten. In letzterem Fall ist die Konstruktion unterwärts nicht sichtbar. Die Ausführung bietet aber stets, abgesehen von dem grossen Holzaufwand durch das ungleiche Ziehen und Reissen des Holzes in so grossen Stücken, so viele Mängel, dass diese Treppen gegenwärtig überhaupt nicht mehr angewendet werden. Besser ist die in Fig. 918c dargestellte Art der Blocktreppen mit Vernagelung der Stufen auf Wangenbalken. Unterwärts ist die Treppe geschlossen, lässt aber Spalten für den Ablauf des Wassers frei; jede Stufe ist auswechselbar.

Fig. 918.

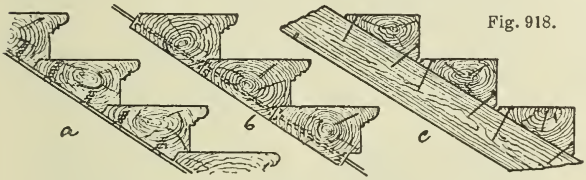
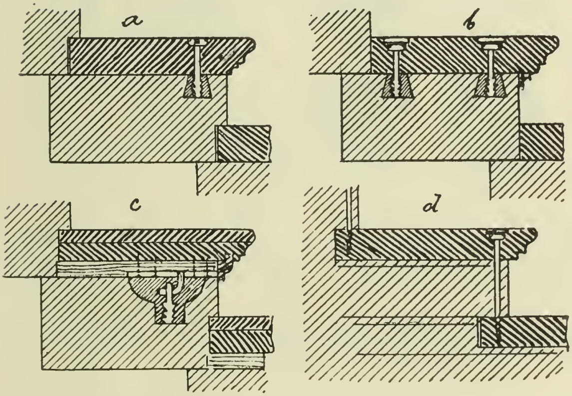


Fig. 919.



Der Holzbelag der Stufen von steinernen Treppen vereinigt den Vorzug der Feuersicherheit mit demjenigen des angenehmeren Ersteigens von Holztreppen. Derselbe wird mit 5—6 cm starken Bohlen ausgeführt, für deren Befestigung die Fig. 919a, b und c die üblichen Ausführungsweisen geben. Die in wechselnder Anzahl erforderlichen Dübel werden in Blei vergossen. Die in Fig. c dargestellte Konstruktion mit untergreifenden Haken ist etwas verwickelt, ohne besonderen Nutzen zu bieten. An der Unterseite der Bohle ist in derselben Figur an jedem Ende eine eingeschobene Leiste angegeben, die jedoch nur bei besonders grosser Auftrittsbreite erforderlich wird. Fig. d stellt den Holzbelag einer aus Ziegeln gemauerten Treppe dar, der sich bei jeder Stufe unter einen Falz schiebt und mit dem nächst oberen Belag verschraubt wird. Man vereinfacht die Befestigung,

indem man Klötze einmauern lässt, auf welche der Stufenbelag geschraubt oder genagelt wird. Bei besseren Treppen wird in Hamburg mitunter auch an jeder Seite ein nach der Form der Wangen für aufgesattelte Treppen ausgeschnittenes Sattelholz vermauert. Durch seine vorherige Aufstellung wird zugleich das Mauern wesentlich erleichtert und nachher auch eine Vernagelung von Stossbrettern ermöglicht, wonach die Treppe kaum von einer hölzernen zu unterscheiden ist.

Jede Treppe muss an der freien Seite ein Geländer mit Handläufer erhalten. Dasselbe ruht auf sogen. Docken aus Holz oder Guss- oder Schmiedeisen. Die Anfänge des Geländers werden an einem Mäkler oder Pfosten befestigt, dessen Stellung nach Fig. 920 entweder mit einer Schraube im Treppenwechsel, oder mit eisernen Bändern (Bankeisen) am Fussboden gesichert ist. Bei eingeschobenen Treppen werden die Docken auf der Wange, bei aufgesattelten auf den Stufen selbst eingelocht. Eiserne Docken kann man auch mit besonderen Kropfstücken, die seitwärts an den Wangen verschraubt sind, befestigen, wodurch die Treppe wesentlich an nutzbarer Breite gewinnt. Der Handläufer wird, der Oberfläche der Treppenwange entsprechend, allen Windungen der letzteren folgend angefertigt. Eine Unterbrechung durch Podestpfosten, Fig. 913, wird beim Begehen der Treppe unbequem empfunden. Das Profil des Handläufers muss sich der Hand anschmiegen und er darf in der oberen Rundung nicht stärker als etwa 6 cm sein, wie Fig. 921 a und b zeigen. Verlangt das Ansehen besonders stattlicher Treppen breitere Handläufer, so giebt man denselben ein Profil zum Hineinfassen,

Fig. 920.

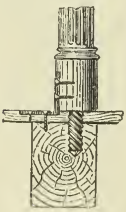


Fig. 921.

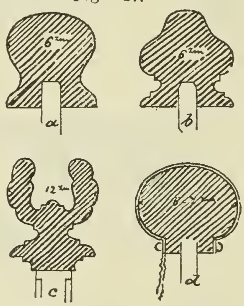
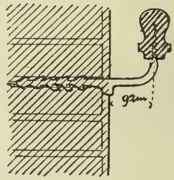


Fig. 922.



etwa wie in Fig. c. Die Handläufer werden immer aus hartem Holz gefertigt und polirt. Nur im Fall einer Umkleidung mit Plüsch oder Sammet, Fig. d, fertigt man sie in einfachem Profil und aus Kiefernholz.

Bei breiten Treppen ist es oft erwünscht, auch an der Wandseite einen Handläufer zu befestigen. Derselbe wird alsdann, Fig. 922, von eisernen Stützhaken getragen.

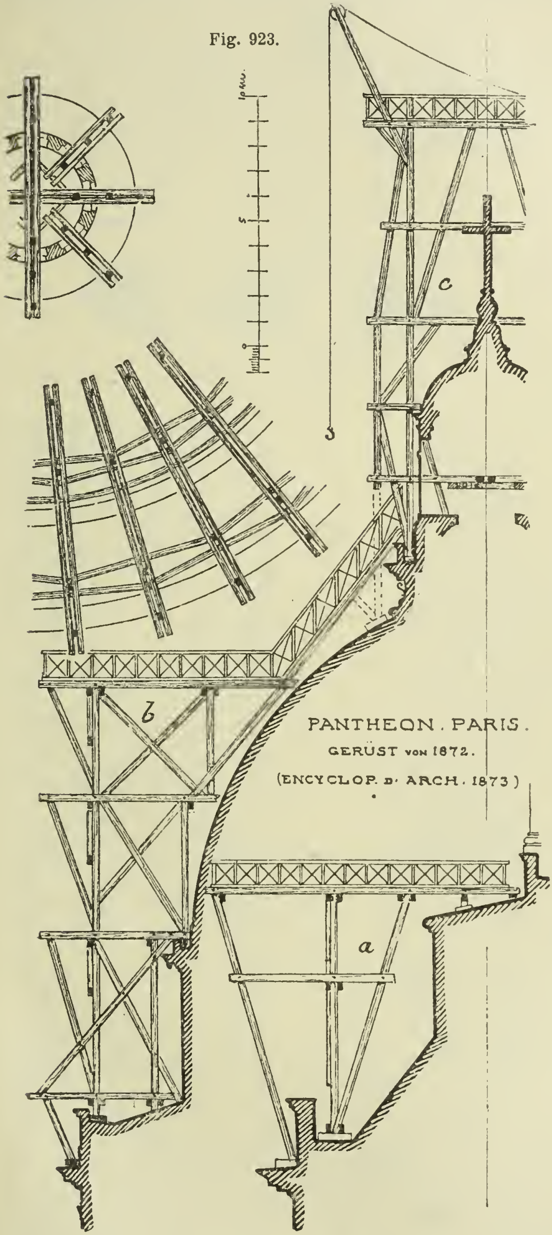
E. Hilfs-Konstruktionen.

I. Arbeitsgerüste.

Für jede Bauausführung, sowie für jeden Umbau und für die Vornahme grösserer Reparaturen sind Gerüste nothwendig. Zweierlei ist bei der Herstellung von Gerüsten besonders zu beobachten: dass sie für den gerade vorliegenden Gebrauchszweck stark genug sind, und dass das für sie vorhandene Material ohne besondere Zurichtung benutzt wird, auch möglichst unbeschädigt bleibt, damit es später anderweitig abermals gebraucht werden kann. Aus regelrecht abgebundenen Kreuzhölzern wird man daher nur solche Gerüste herstellen, bei denen eine besondere Gefährdung vorliegt oder die einer Gebrauchsdauer von mehreren Jahren widerstehen müssen. Aber auch dann wird die Verwendung von Loch und Zapfen auf eine Kleinstzahl beschränkt und man bestrebt sich, den Verband möglichst durch Schraubenbolzen und Klammern herzustellen. Ein vortreffliches Beispiel

hierfür bietet das Gerüst, welches 1872 zur Wiederherstellung des Pantheons in Paris errichtet war, Fig. 923. Wie der Grundriss zeigt, war die Kuppel mit 32 Bindern umgeben; sämmtliche senkrechten Hölzer waren zwischen Doppelrähme gefasst und mit diesen, sowie mit den Diagonalverstrebungen verbolzt. Die verschiedenen Höhenlagen des Gerüstes sind völlig unabhängig von einander ausgebildet, so dass das Gerüst *a* um den unteren Theil der Laterne nicht durch das Gerüst *b* und dieses nicht durch das Gerüst *c* belastet wird. Treppen und Brüstungsgeländer waren bequem eingerichtet.

Fig. 923.



Von Heidrich ist die Konstruktion eines abgebundenen Gerüstes angegeben, dessen Böden Verstellbarkeit besitzen, indem sie sich auf Trageisen *a* legen, welche auf den Gerüstständern *A* verschiebbar sind, Fig. 924 a; die Gerüstständer dienen den die Böden tragenden Hölzern *d* als Führungen. Die Haken, welche die Rüsthölzer an drei Seiten umfassen, sind zweitheilig und haben drehbare Klauen, welche sich in die Rüstbäume einpressen. Höherführungen der Rüstbäume werden mittels Aufpfropfungen bewirkt, zu denen ein schmiedeeiserner Schuh benutzt wird.*)

So weitgehende Ansprüche wie an das Pantheon-Gerüst pflegt man in Deutschland an Baugerüste gewöhnlich nicht zu stellen; hier muss durchgehends ein geringerer Materialaufwand genügen. Als Beispiel ist in Fig. 925 das Gerüst dargestellt,

*) Näheres über dieses Gerüst im Gesammtaufbau siehe Dtsche. Bauztg. Jahrg. 1888, S. 233.

Fig. 924.

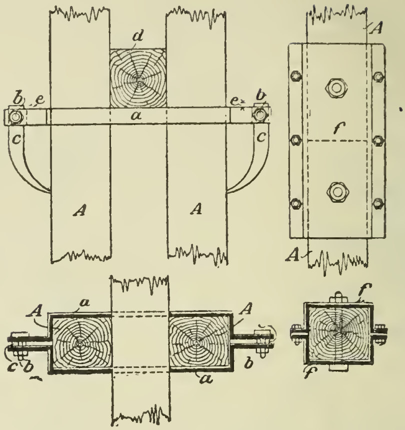
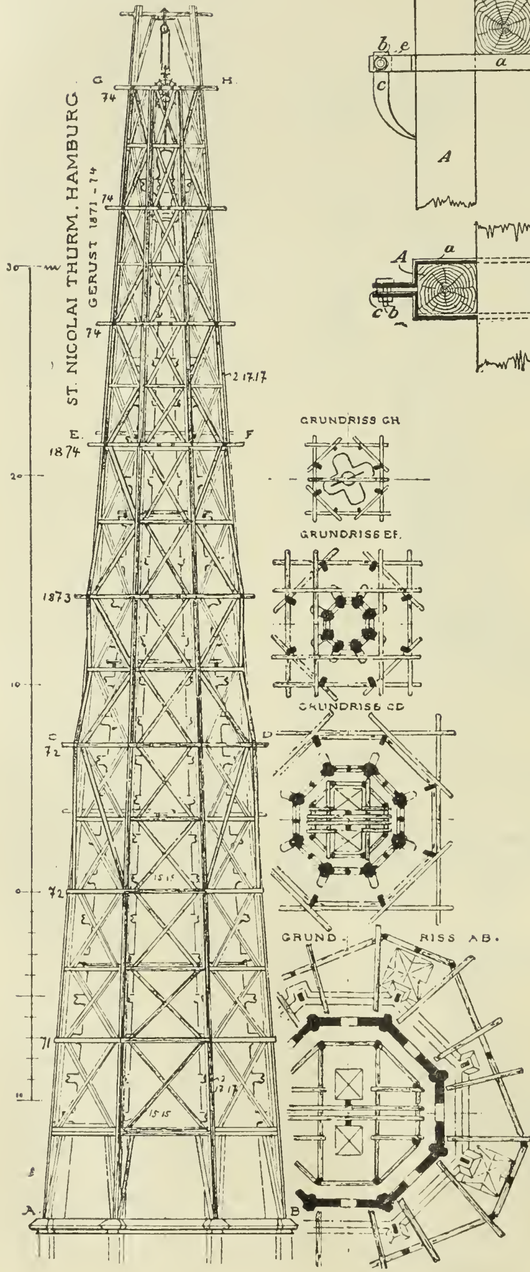


Fig. 925.

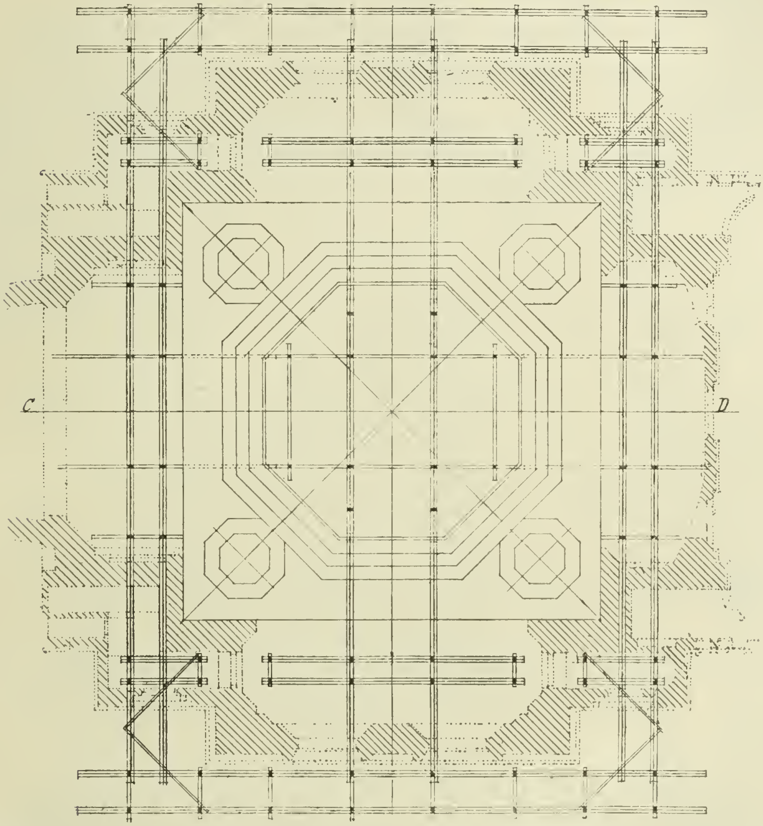


unter welchem der Helm des St. Nikolai - Kirchthurmes in Hamburg erbaut ward. Der untere Theil des Gerüstes war, wie der Grundriss AB ersichtlich macht, gegen seitliche Verschiebung durch Winddruck mit dem Oktogon-Gerüst verbunden. Im übrigen standen die acht Doppel-Gratsparren in besonders dazu hergerichteten Vertiefungen der Strebepfeiler-Decksteine, ohne das untere Gerüst zu belasten. Es wurden nach der Folge der in der Figur beigefügten Jahreszahlen stets zwei Geschosse des Gerüstes zugleich gerichtet; daher konnten die Gratsparren immer wechselweise gestossen werden. Zur besseren Verstrebung wurden, wie bei CD und EF gezeigt ist, die wagrechten Hölzer verdoppelt, und über die Achteckseiten hinaus bis zum Quadrat verlängert. Das Aufnehmen der Werksteine erfolgte auf dem ununterbrochen von unten aufgebauten inneren Gerüst, bis zu derjenigen Höhe, an welcher die Jahreszahl 1873 steht. Für den oberen Theil der Spitze, deren Innenraum

zu eng, bezw. ganz massiv ist, mussten die Steine ausserhalb der Gratsparren auf einer Gleitbahn in die Höhe gezogen werden. Alle Verbandhölzer dieses Gerüstes waren mit Loch und Zapfen zusammen gefügt, bezw. überblattet, was an und für sich wenig zu empfehlen sein dürfte.

Ein noch grösseres Gerüst dieser Art ist 1839 um den Stephansthurm in Wien errichtet gewesen und findet sich in Förster's Allgem. Bauzeitung von 1843 mitgetheilt. Auch das Gerüst von der Trinitatiskirche in Paris in den Nouvelles Annales 1873, sowie dasjenige von der Vendôme-Säule, Encycl. d'arch. 1875, Taf. 245 und 246, seien hierbei erwähnt. Besonders für Thurmgerüste findet sich eine abweichende Konstruktion im Scientific American 1879, II. S. 134. Dies

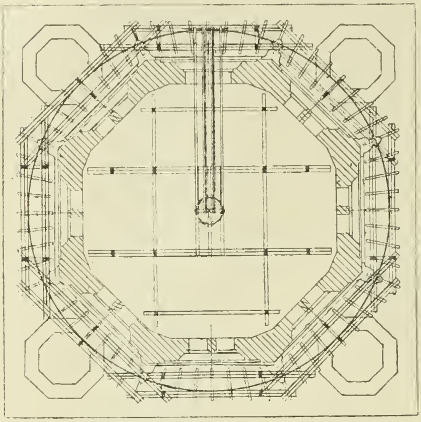
Fig. 926 a. Gerüstaufstellung um den unteren Theil des Thurmes.



Gerüst dient zugleich als Schutzdach und hängt im ganzen an einem oberen Sprengewerk. Dem Fortschreiten des Mauerwerks entsprechend wird der ganze Apparat höher geschraubt, so dass ein wachsender Aufbau des Gerüstes entbehrlich ist.

Ein zweckmässig konstruirtes, von unten aufgebautes Gerüst, ist dasjenige der St. Jakobikirche in Dresden, das wir der Baugewerkszeitung (Jahrg. 1901, S. 1429 u. ff.) entnehmen. Fig. 926 a—d stellt dieses Gerüst in Grundrissen und Schnitten dar. Fig. a u. b zeigen das Gerüst, wie es für die ursprünglich geplante Thurmhöhe hergestellt wurde. Es besteht aus einer inneren und äusseren, sorgfältig gegeneinander verstrebten Rüstung, auf welcher Schiebebühnen in solcher Höhe laufen, dass jeder Punkt des Grundrisses mit ihren Laufkatzen bestrichen

Fig. 926 c u. d.
Versetzgerüst für den Thurm-Oberbau.



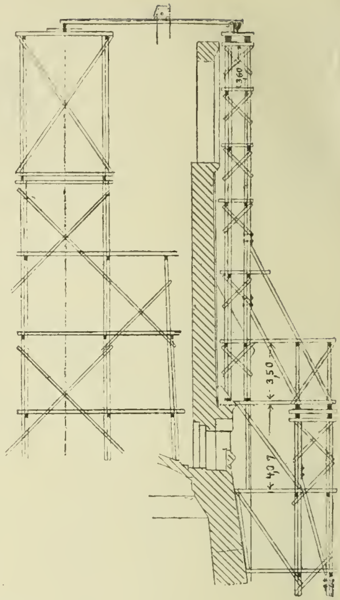
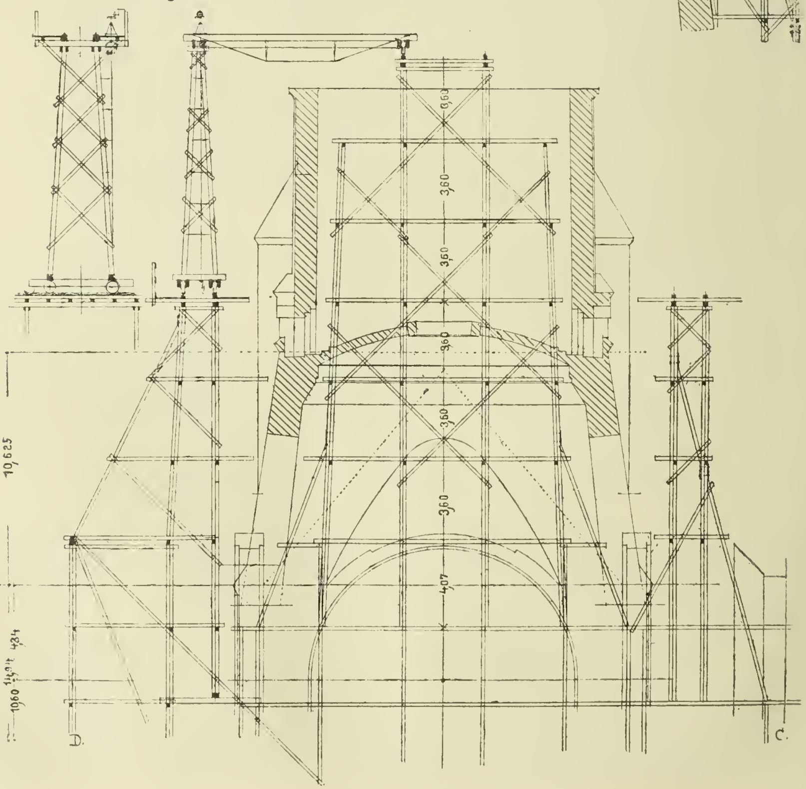


Fig. 926 b. Schnitt *C-D* von a.



und der Thurm mit ihrer Hilfe bis zur Hauptgesimshöhe versetzt werden kann. Das Mittelgerüst hat die volle Höhe von 41 m erhalten, während die äusseren Rüstungen aus Sparsamkeitsrücksichten nur bis zur Höhe von 29,50 m über der Strasse aufgeführt wurden. Die beiden Laufgleise der beiden Schiebebühnen liegen also in verschiedener Höhe. Der Ausgleich wurde dadurch bewirkt, dass die Schiebebühne an der Aussenseite entsprechend aufgestelzt ist. Die hoch- und die tiefliegenden Laufräder werden durch ein gemeinsames Gewinde gleichmässig in Bewegung gesetzt. Fig. c und d zeigen die Aenderung des Versetzgerüstes für die während der Ausführung noch angeordnete Thurmerhöhung. Die aufgesetzte

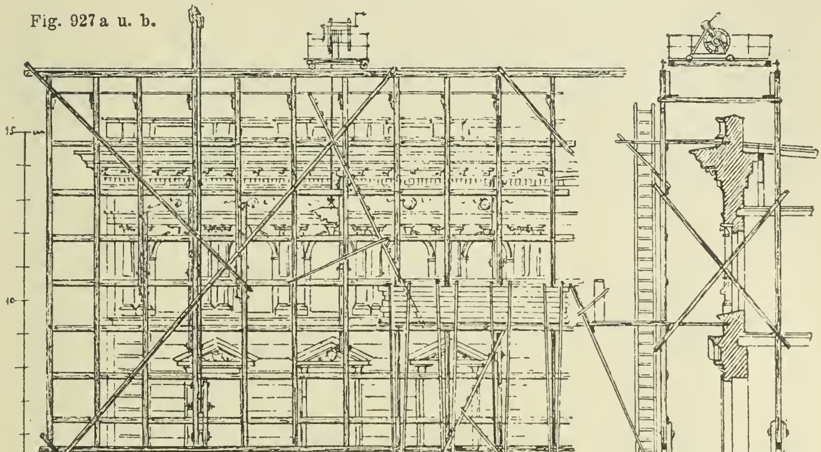


Fig. 927 a u. b.

Rüstung umschliesst hier den Thurm derart, dass eine kreisrunde Laufschiene verlegt werden konnte. Auf dieser bewegt sich das eine Ende eines wagrechten Krahnbalkens, der mit dem anderen in der Thurmmitte auf einem Zapfen aufruht. Auf dem doppelten Krahnbalken bewegt sich wieder eine Laufkatze, sodass also auch bei dieser Anordnung jeder Punkt des Grundrisses bestrichen werden kann. Die Bewegung der Laufkatze konnte dabei von der unteren Rüstung aus geleitet werden.

Eine der bedeutendsten neueren Versetzrüstungen war diejenige vom neuen Dom zu Berlin. Auch hier bediente man sich einer von unten aufgeführten ab-

gebundenen Rüstung und der Schiebebühne zum Versetzen der Werkstücke. Letztere trug eine verschiebbare Winde für elektrischen Betrieb und findet sich abgebildet, Deutsche Bauztg. 1896, S. 265.

Einfacher gestalten sich die Gerüste auch bei schweren Werkstein-Ausführungen, wenn das Gebäude die gewöhnliche Haushöhe nicht überschreitet. Fig. 927 zeigt das Profil und ein Stück der Ansicht eines solchen Gerüstes. Es werden in Entfernungen von etwa 1,5 m aussen und innen Gerüstbäume oder Aufrichter gestellt, die $^{15}/_{16}$ cm oder $^{18}/_{18}$ cm stark sind. Oben werden Holme verzapft, oder mit Klammern befestigt und die Verbindung der beiden Gerüstwände unter sich geschieht durch diagonal verbolzte Kreuzhölzer. In ähnlicher Weise wird auch jede Wand für sich durch schräg darüber gebolzte Hölzer gesichert. Nahe unter dem oberen Holm findet eine Verriegelung statt, die zugleich als Laufbrücke benutzt werden kann. Eine Anzahl der Gerüstbäume lässt man gern in einer Länge bis unter den Holm reichen; die übrigen werden nach Bedarf verlängert, indem man sie auf angebolzte Knaggen aufsetzt und mit Klammern

Fig. 928.

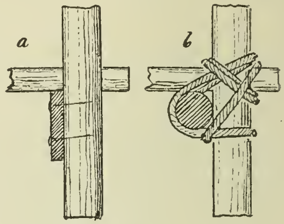
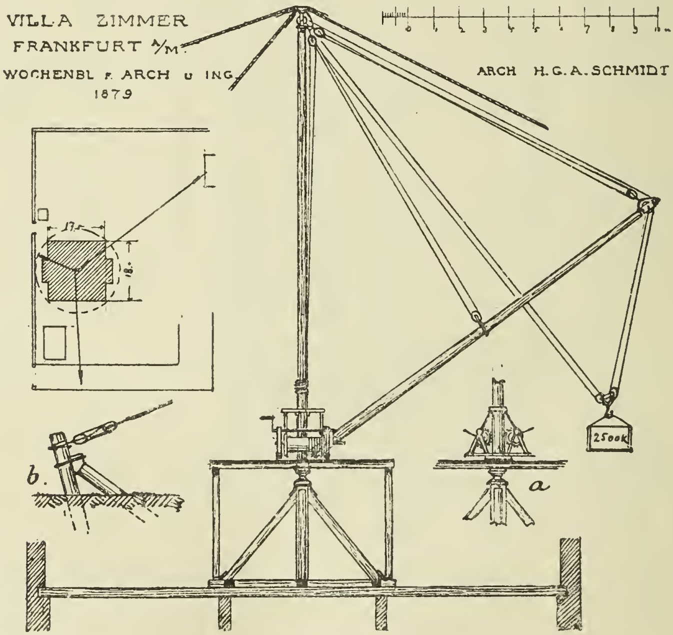


Fig. 929.



befestigt. Bei besonders schwer belasteten Gerüsten verdoppelt man zuweilen auch die Aufrichter und kann sie dann wechselweise stossen. Zum Aufnehmen der Werksteine wird auf den oberen Holmen eine Fahrbahn eingerichtet, auf welcher eine Schiebebühne mit fahrbarer Winde (tälschlich Krahn genannt) jeden Stein zu demjenigen Punkte bringt, auf welchem er versetzt werden soll, wie das schon vorher ausgeführt wurde. Die Zwischengerüste für die jedesmalige Arbeitshöhe erhalten daher weiter keine Last, als die durch die Arbeiter selbst und man stellt dieselben deshalb einfach auf losen Gerüstriegeln her, die entweder auf einer angenagelten Reihplanke oder auf einem gebundenen Gerüstbaum ruhen, Fig. 928.

Sollen die Werksteine nicht aufgewunden, sondern hinauf getragen werden, so müssen auch die Zwischengerüste entsprechend stark sein, und es werden zum Besteigen gewöhnlich schiefe Ebenen eingerichtet. Ein Beispiel für diese, selten mehr angewendete Ausführungsart bietet das Wohnhaus Nöther in Mannheim, Deutsche Bauztg. 1884, S. 609. Im allgemeinen ist man im Gegensatz hierzu bestrebt, auch das ringsum erforderliche tragfähige Gerüst durch Anwendung zweckmässiger Hebe-Konstruktionen entbehrlich zu machen. Es sind hier hauptsächlich zwei Arten amerikanischer Krahne zu nennen. Die erste in Fig. 929 dargestellte ist auch in Deutschland mehrfach gebraucht und für unsere Figur der Ausführung der Villa Zimmer in Frankfurt a. M. entnommen. Mittels eines Auslegers und zweier Flaschenzüge, die mit zwei Winden betrieben werden, kann man die Werkstücke über jeden Punkt bringen, an welchem sie versetzt werden sollen. Die Festsetzung des senkrechten Baumes erfolgt mit drei Drahtseilen, welche zu festen Punkten führen, oder an eingerammte Pfähle gebunden sind (bei *b*). In Stahl konstruirt sind derartige Versetzkrahne in Amerika bis zu sehr bedeutender Abmessung und Tragfähigkeit angeordnet worden. Die techn. Zeitschrift Engineering News giebt 1894, S. 369 sogar einen solchen Krahn von 28 ^{m} Höhe, 40 ^{m} Durchmesser des vom Ausleger bestrichenen Kreises und von 40 ^{t} Tragkraft. Derartige Krahne werden auch häufig so ausgeführt, dass auf dem in wagrechter Stellung fest mit dem Drehbaum verbundenen Ausleger eine Laufkatze läuft.

Fig. 930.

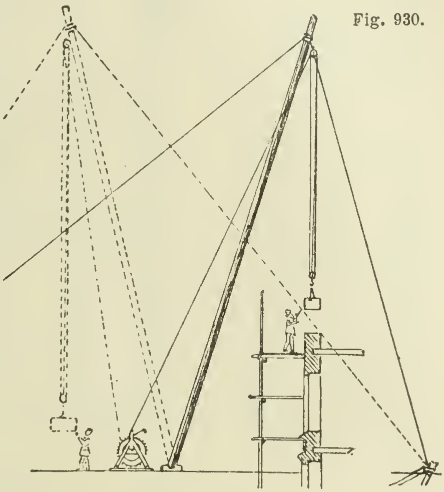


Fig. 930 zeigt ein anderes Hebewerk, wie es vorzugsweise in Chicago beliebt ist. Der Baum dreht sich mit eiserner Hülse in einer Pfanne, sobald mittels einer zweiten Winde das eine oder das andere der die Spitze haltenden Seile (Kopftaue) angezogen oder nachgelassen wird. Lässt sich nicht die ganze Frontlänge damit erreichen, so verschiebt man den Baum ohne erheblichen Arbeitsaufwand, da die Befestigungs-Seile in der Regel unverändert bleiben können. Die Konstruktion eines noch höheren „Baumes" dieser Art giebt die Deutsche Bauztg. 1881, S. 255. Bezüglich weitergehender Gerüstkonstruktionen, mittels derer zugleich das ganze Gebäude mit einem Schutzdach versehen wird, sei auf die besonderen Ausführungen des Münchener Königsbaues, Försters Allgem. Bauztg. 1837, und des Crédit Lyonnais zu Paris verwiesen.

In Belgien, Dänemark usw. werden häufig Werkstein-Fassaden ebenfalls nur mithilfe hoher Rüstbäume aufgeführt. Man verwendet dazu ein schweres und langes Stammholz, welches unten in ein kurzes Schwellstück eingezapft ist, das auf ein paar Walzen oder auch Rollen ruht; die Rollbahn wird von einem flach hingelegten **I**-Träger gebildet. Der Rüstbaum hat eine geringe Lehnung gegen die aufzuführende Fassade und wird in seiner Stellung durch ein paar Kopftaue erhalten, welche an Pfählen befestigt sind, die an der gegenüber liegenden Strassenseite (im Bürgersteig usw.) eingeschlagen werden. Das Heben der Werkstücke geschieht mittels einer am Fuss des Rüstbaumes aufgestellten Winde, deren Tau über eine im Kopf des Rüstbaumes angebrachte Rolle führt.

Für die Ausführung gewöhnlicher Ziegelbauten wird nur eine Reihe von Gerüstbäumen gestellt. Man neigt dieselben etwas nach der Wand zu und verbindet sie in wagrechtem Sinne den Gerüsthöhen entsprechend, also in Abständen von 1,40 bis 1,45 ^{m}, mit angenagelten Reihplanken; auf diese werden Gerüst-

riegel oder Netzbäume gelegt, welche den Bretterboden aufnehmen. Das andere Ende der Rüstbäume ruht in den sogen. Rüstlöchern, welche in der Mauer dafür ausgespart werden. Von den Brettern wird nur das erste nahe dem Aufrichter genagelt, um zugleich die Netzriegel fest zu legen. Dieselben Gerüste werden an einzelnen Orten, z. B. in Lübeck, dadurch noch sehr viel leichter hergestellt, dass statt der Rüstbäume aufgetrennte böhmische Latten und statt der Netzriegel starke Dachlatten verwendet werden. Letztere ruhen auf angenagelten Tragelatten und sind zusammen mit den Aufrichterlatten vernagelt. Auch diese Gerüste werden drei bis vier Geschosse hoch aufgeführt und haben sich zum Mauern mit Ziegeln als nicht zu schwach erwiesen. An Orten, wo die Ausführung des Mauerwerks von der Innenseite aus vorzunehmen ist, wird mittels niedriger Bockgerüste gearbeitet, die zwischen je zwei Geschossen auf den Blindböden Aufstellung finden. Zum Putzen der Front muss dann später ein besonderes Gerüst gestellt werden. Hierfür bedient man sich vorzugsweise eines leichten gebundenen Gerüstes. Nach Fig. 928 b sind hier an die Gerüstbäume sogenannte Streichstangen gebunden, die die Netzriegel tragen. Fig. 931 zeigt die ganze Anordnung eines solchen Gerüstes. Die Theilung ist in der Regel so weitläufig, dass zwischen je zwei festen Gerüsten ein Bockgerüst gestellt werden muss. Zum Binden dienen Hanftaue oder starker Draht. Es leuchtet ein, dass die Haltbarkeit dieser Gerüste wesentlich von der Geschicklichkeit der Arbeiter und der Güte des Bindematerials (Stricke oder Draht, bezw. Drahtkabel) abhängt und dass letzteres, wegen vielfacher Beanspruchung, häufigen Ersatz nothwendig macht. Zur Vermeidung dessen sind anstelle der Bindestricke Haken in Gebrauch gekommen, von denen Fig. 932 einige darstellt. Die meiste Verbreitung

Fig. 931.

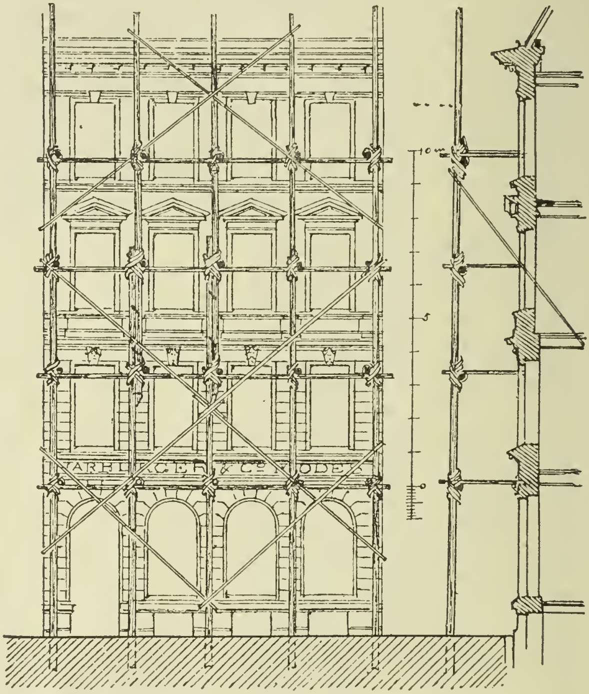
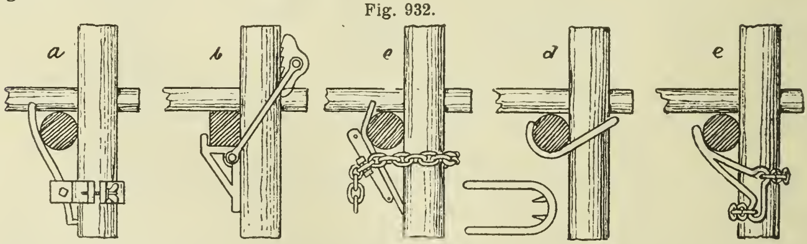


Fig. 932.



haben die bei c gezeigten Krückel'schen Sicherheitshaken und Schaper's Patentgerüsthaken erlangt,*) die dieselbe Figur bei e darstellt.

In England fallen Baugerüste stets fester aus als in Deutschland, weil es dort üblich ist, die ganze äussere Seite zuzuschalen. Nur in der jedesmaligen Arbeitshöhe verbleiben einige Lichtlöcher. Die Mehrkosten dieser Verbretterungen werden durch Verpachten der ganzen Aussenfront für Anzeigen während der Dauer des Baues reichlich eingebracht. Das untere Ende der Gerüstbäume wird gewöhnlich eingegraben; das Gerüst wird indessen ebenso fest, wenn man die Aufrichter auf ein viereckiges Bohlenstück stellt, oder zwischen zwei Kanthölzern verbolzt. In Paris ist es üblich, die Bäume in einem kleinen Haufen Gips fest zu setzen.

Eine andere Anordnung von Gerüsten, welche die Gerüstlöcher ganz entbehrlich macht, ist in München in den sogen. Leitergerüsten gebräuchlich. Die

Fig. 933.

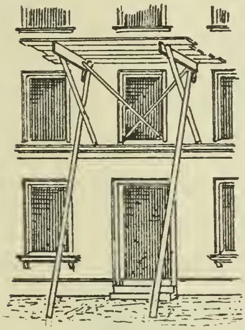


Fig. 935.

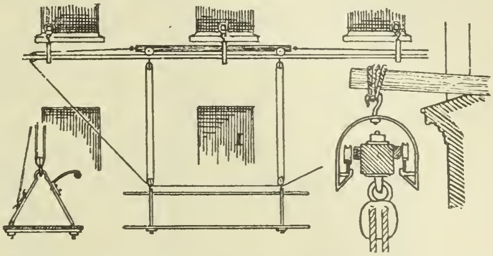
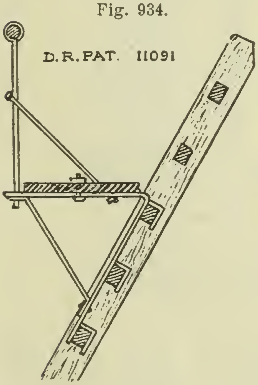


Fig. 934.



1 m breiten, senkrecht gestellten und durch Schwertlatten befestigten Leitern werden in Abständen von 3 m aufgestellt. Dieselben sind in der Regel 22 m lang, haben unten 16 bis 18 cm starke Bäume und ermöglichen leicht die Herstellung eines Gerüstes in jeder beliebigen Höhe. Erst in neuerer Zeit sind diese Leitergerüste auch in Norddeutschland eingeführt, wo sie besonders für äussere Anstreicher-Arbeiten Verwendung finden. Die Leitern pflegen 0,6 m breit und 12—15 m lang zu sein und werden an kleinen Brettauslegern befestigt, die vorher mittels Spreizen in den Fensterlaibungen eingeklemmt sind. Hierdurch ist es möglich, diese Gerüste ohne irgend eine Beschädigung der Fronten aufzustellen.**)

Falls schwerere Materialien verarbeitet werden sollen, genügen die letzteren Gerüste naturgemäss nicht mehr, und es muss in diesem Falle ein Gerüst, wie Fig. 931 zeigt, angewendet werden, wobei aber zur Vermeidung des sonst nothwendigen Einstemmens von Gerüstlöchern das hintere Ende der Netzriegel an eine zweite Reihe von Gerüstbäumen gebunden werden kann, die schräg gegen die Mauer gelehnt sind.

Kleine Gerüste für Ausbesserung von einzelnen schlechten Stellen werden am einfachsten als sogen. schwebende oder Hänge-Gerüste, Fig. 933, hergestellt. Der Arbeitsboden liegt hier auf hochkantig gestellten Brettern, welche durch schräg angenagelte Bretter nach unten abgefangen sind. Soll das Gerüst für ein oberes Geschoss hergerichtet werden, welches durch lehnende Aufrichter nicht zu erreichen ist, so bedient man sich für den Bretterboden längerer Netzriegel, welche in die Fenster verlegt und gegen die Zimmerdecke abgesteift werden.

*) Ueber noch weitere Hakenkonstruktionen vergl. u. a. Dtsche. Bauztg. 1889, S. 338, sowie 1894, S. 286 und 1897, S. 339. Die beiden neuen Gerüsthalter von Kühn endlich 1901, S. 499. Noch zwei neuere Gerüsthalter von J. Berger und A. Viertel finden sich 1901, S. 576.

**) Eine patentirte Halteeinrichtung für Leitergerüste ist Dtsche. Bauztg. 1896, S. 619 abgebildet. Ein Leitergerüst mit schrägstehenden Leitern Dtsche. Bauztg. 1895, S. 256.

Für manche Ausführungen lässt sich auch mit Vortheil das Patent-Leiter-Gerüst, Fig. 934, verwenden, das wegen der leichter zu bewerkstelligenden Höhenveränderung mitunter den Vorzug verdient.

Wenn in der nothwendigen Höhe auf keine der beschriebenen Arten feste Punkte zu gewinnen sind, so wird in der Regel ein Hängegerüst angebracht werden können, das sowohl lose an Seilen (mittels Flaschenzügen), wie fest an hölzernen Stangen hängend, eingerichtet werden kann. In ersterem Falle tragen die Seile ein hölzernes oder, besser, eisernes Gestell und hängen an Auslegern, welche auf dem Dach oder in den Fensteröffnungen festgelegt sind. Fig. 935 zeigt ein Beispiel, bei welchem ausser der senkrechten auch wagrechte Beweglichkeit erreicht ist, indem die Flaschenzüge an Laufschienen hängen, die auf eisernen Tragbügeln ruhen. Die seltene Anwendung, welche diese Anordnung bis jetzt gefunden hat, dürfte lediglich auf die Schwierigkeit der jedesmaligen

Fig. 936.

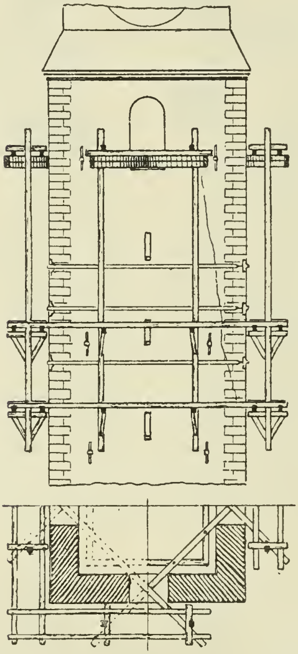
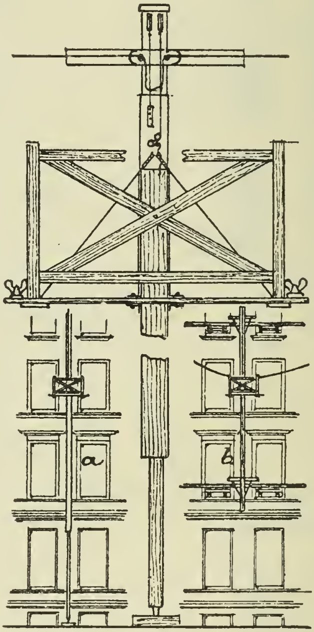


Fig. 937.



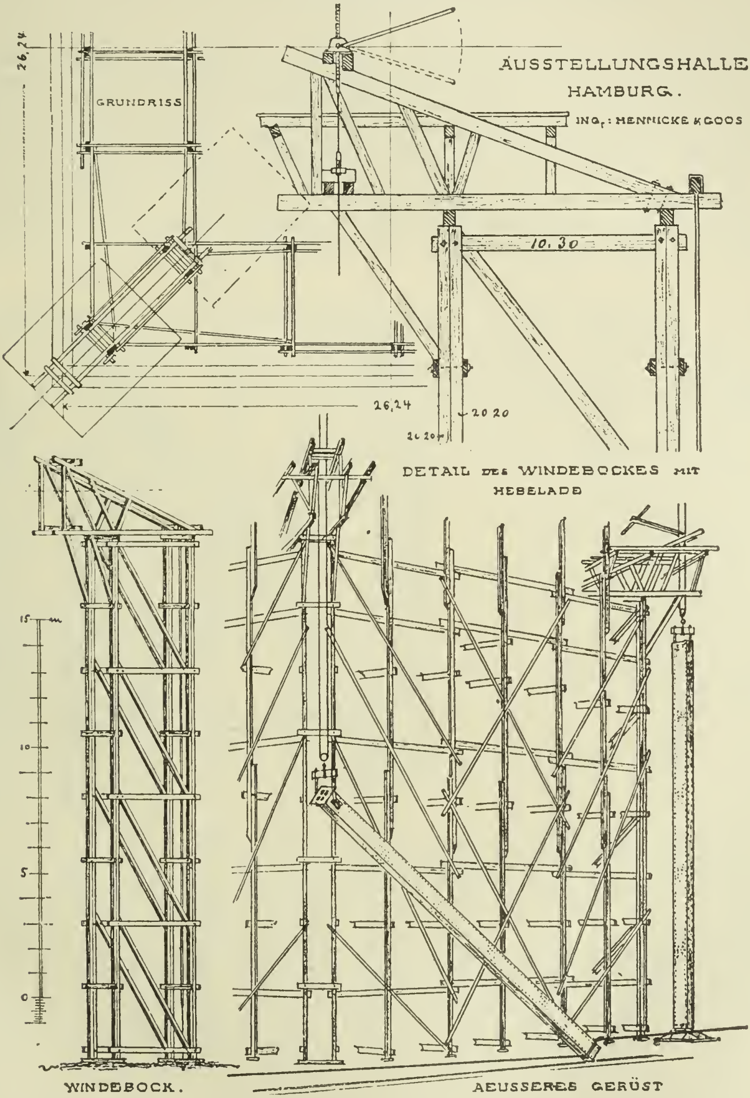
genauen Aufstellung zurück zu führen sein. Ein Beispiel für ein festes Hängegerüst giebt Fig. 936 vom Thurm zu Deggendorff (Zeitschr. d. Bayer. Arch.- und Ing.-Ver. 1871). Es wurden aus den oberhalb der Schadenstelle liegenden Fensteröffnungen in diagonalen Richtungen Hölzer hervorgestreckt, welche ein Hängegerüst aufnahmen. Die Figur zeigt links den unteren, rechts den oberen Grundriss der Anordnung.

Zum Reinigen (Abwaschen) von Häuserfronten und für ähnliche Zwecke hat sich auch das Patent-Versetz-Gerüst, Fig. 937a, bewährt. Dasselbe besteht aus einem hohlen Aufrichter, der eine Verlängerungsstange enthält und dem daran verschiebbaren „Korb"; ersterer wird nur oben mittels zweier seitlichen Taue befestigt. Die bei *b* gezeigte Benutzung desselben Grundgedankens für ein wagrecht bewegliches Hängegerüst hat sich dagegen, ebenso wenig wie das in Fig. 935 dargestellte verschiebbare Hängegerüst, in der Baupraxis einbürgern können.

Da für besondere Zwecke die Gerüst-Anordnungen immer auf die eine oder die andere der vorbeschriebenen Konstruktionen zurück zu führen sein werden,

genügt es, nur noch einige litterarische Notizen über Gerüste zu geben. Das Wochenbl. f. Archit. u. Ingen. 1880, S. 21, theilt das Versetzgerüst für die Figuren auf der neuen Börse in Frankfurt am Main mit. Im Centralbl. der Bauverwaltg. 1883, S. 288 ist ein für denselben Zweck am Joachimsthal'schen

Fig. 938 u. 939.



Gymnasium in Berlin errichtetes Gerüst veröffentlicht. Bewegliche Gerüste für die Innenseite grosser Kuppeln finden sich in Romberg's Zimmerwerkskunst Blatt 151 dargestellt. Ein gutes Beispiel eines solchen drehbaren Gerüstes für die Zwecke der Ausmalung des Kuppelinneren ist dasjenige der St. Jacobikirche in Dresden, veröffentl. Baugewerkszeitung 1901, S. 1460. Ferner ist Dtsche. Bztg. 1888,

S. 484 ein Gerüst für Fabrikschornsteine abgebildet. — Von welcher Wichtigkeit eine wohl überlegte und sichere Gerüstkonstruktion ist, lassen am nachhaltigsten einige trotz aller Vorsicht eintretende Unfälle erkennen. Wir verweisen in dieser Beziehung auf den Gerüsteinsturz am Schauspielhause in Berlin, Dtsche. Bauztg. 1888, S. 268 und denjenigen am kgl. Schloss in Königsberg, Dtsche. Bauztg. 1892, S. 510. Seit 1898 besteht die Ministerial-Verfügung, dass für alle Gerüste von mehr als 10 m Höhe ein Nachweis über die Standfestigkeit gegen Winddruck erbracht werden muss.

Als eine für sich bestehende Art von Gerüsten sind die Montagegerüste für Eisenbauten zu erwähnen. Die Gewichte einzelner Theile von Eisenbauten gehen über die bisher inbetracht gezogenen Lasten erheblich hinaus und erfordern daher Gerüst-Konstruktionen von besonderer, rechnerisch zu ermittelnder Tragfähigkeit. Oft lassen sich hier bedeutende Ersparungen erzielen, indem man die Last aller zu hebenden Theile nur an gewissen, fest hergestellten Punkten zur Wirkung kommen lässt, und die dazwischen erforderlichen Laufgerüste nur so stark konstruirt, dass sie von den Arbeitern begangen werden können. Fig. 939 stellt das Gerüst dar, welches zum Aufstellen des von Hamburg angekauften Eckpavillons

Fig. 940.

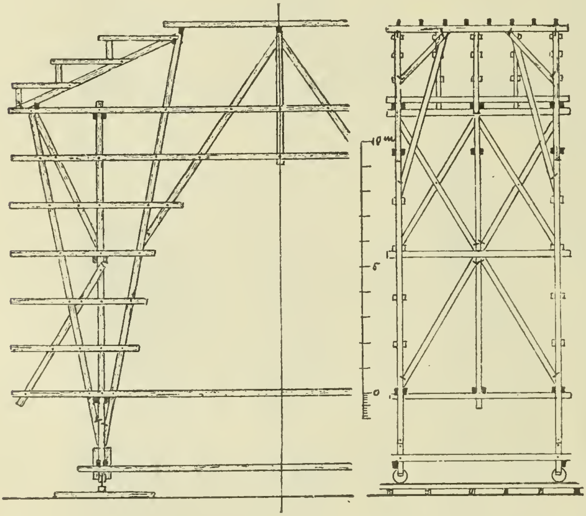
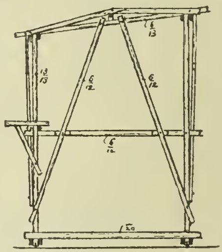


Fig. 941.

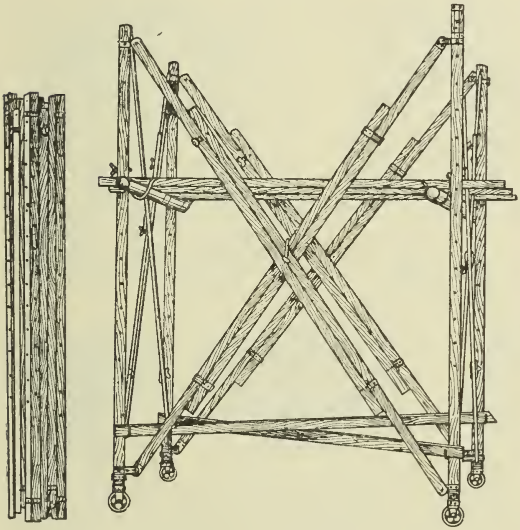


von der Pariser Welt-Ausstellung 1878 (Dtsche. Bauzeitung 1878, S. 398) gedient hat, bei welchem die schwersten zu hebenden Theile vier Ecksäulen waren, welche jede 12 t wogen und die ersten sie verbindenden Bögen im Gewicht von je 20 t. Man stellte hierfür ein doppeltes Stangengerüst her, an welches an jeder der vier Ecken ein Bock eingefügt war. Ersteres war nur sehr leicht aus genagelten Reihplanken gefertigt, während letzterer zur Aufnahme der Last aus 20/20 cm starken Doppelpfosten und 19/30 cm starken verbolzten Bohlen regelrecht abgebunden war. Mit jedem derselben musste eine Säule gehoben werden, während sich die Last des dann einzufügenden Bogens auf zwei Windeböcke vertheilte. Das Heben geschah mittels Doppelhebeladen mit 44facher Hebelübersetzung, und $2 \times 5{,}6$ t Tragfähigkeit, sowie an zwei nach und nach auszulösenden Eisenstangen von 30 mm Stärke. Die Böcke waren durch die in der Figur angegebenen hinteren Eisenanker gesichert, und ausserdem mittels langer Drahtseile an entfernten Erdpflöcken befestigt. Nichtsdestoweniger war es sehr wichtig, dass sie durch die Last stets nur senkrecht beansprucht wurden und man liess daher die Säulen, wie die Figur zeigt, auf einer untergelegten Schiene gleiten, auf welcher sie durch zwei Winden erhalten wurden, von denen eine in demselben Maasse das Seil nachliess, in welchem die andere dasselbe anzog. Für den weiteren Aufbau der Kuppel, welche eine Höhe von 45,4 m erreicht, wurden die Windenböcke mit Streben von entgegengesetzter Richtung entsprechend erhöht und es ward die Hebeladenbühne

nach der Innenseite umgedreht, wie im Grundriss punktirt angedeutet ist. Für die Befestigung der nach und nach immer weiter vorzuschiebenden Winde konnten die gleich nach dem Aufbringen vernieteten Gurte der Kuppel ohne weiteres benutzt werden, so dass endlich das mittlere Schlusstück im Gewicht von 20 t von allen vier Winden zugleich ohne Unfall in einem Tage aufgenommen werden konnte. Die Gesammtkosten der Einrüstung des ganzen Kuppelbaues haben nur 8500 M. betragen.

Einfacher gestalten sich die Montagegerüste für Hallen, welche die Verwendung eines verschiebbaren Gerüstes gestatten. Als Beispiele sind in den Fig. 940 u. 941 zwei derartige Gerüste von den Wiener Weltausstellungsbauten mitgetheilt. Fig. 940 zeigt das für die Montage der Mittelgalerie des Ausstellungs-Palastes benutzte Gerüst, welches zugleich für die Anstreicher-Arbeiten dienen sollte und deshalb die Möglichkeit bieten musste, in jeder Höhe die Anbringung von Bretterböden zu gestatten. Fig. 941 zeigt ein kleineres derartiges Gerüst, welches zum Richten des in Fig. 802, S. 275 dargestellten Daches benutzt ist. Dasselbe war in zwei getrennten Hälften erbaut, um in der Mitte eine Fahrbahn frei zu halten. Zwei ungewöhnlich grosse, unter weitgehender Zuhilfenahme von Eisen konstruirte, derartige Gerüste waren errichtet für die Haupthalle des Industrie-Gebäudes der Weltausstellung in Chicago, D. Bauztg. 1893, S. 152 und für die Kaiser Wilhelm-Kanal-Brücke bei Grünenthal, D. Bauztg. 1895, S. 573. Besondere Aufmerksamkeit verdient ferner das ganz in Eisen hergestellte Montagegerüst der Brücke Alexanders III. in Paris, D. Bauztg. 1900, S. 356.

Fig. 942.



Bei sehr hohen Bauten wird man die Kosten einer von unten aufzuführenden Rüstung nach Möglichkeit zu vermeiden suchen. Man wird dann die Eisenkonstruktion in tieferer Lage montiren und mit dem Fortschritt des Bauwerks hochheben, ein Verfahren, dass sich im Hochbau namentlich für die Kuppeln gemauerter Gasbehälter eingebürgert hat. Mit Vortheil kann dabei die Hebung mittels Druckwasserstempeln bewerkstelligt werden.

Ein Gerüst, das sich besonders für innere Arbeiten an Saalbauten usw. eignen dürfte, ist dem Untenehmer Massau in Köln unter No. 72738 patentirt worden und in Fig. 942 dargestellt. Dasselbe nimmt in zusammengeschobenem Zustande nur 30 cm im Quadrat ein, wiegt im ganzen nur 60 kg und ist stets fertig zum Transport, so dass niemals einzelne Theile abhanden kommen können.

Bezüglich weiterer Gerüste für besondere Zwecke sei auf folgende Quellen verwiesen: Gerüste für die Pariser Ausstellungs-Bauten von 1867, Försters Allgem. Bauztg., Wien 1868/69. Gerüst für die Pfeiler des Lengefeld-Viadukts der Bahn Berlin—Metz in Zeitschr. f. Bauw. 1880. Sehr mannichfaltige Gerüstkonstruktionen, verschiedenen Zwecken angepasst, sind beschrieben und abgebildet in Baugew.-Ztg. 1889, No. 40 und ff.

II. Bogenstellungen und Lehrgerüste.

(Vergl. über Lehrgerüste und Lehrbögen auch Maurerarbeiten I. Haupt-Abschnitt, S. 112—115.)

Lehrbögen für kleinere Oeffnungen unterstützt man durch eine Absteifung gegen zwei Bretter, Fig. 943a. Wenn die Wände geputzt werden sollen, kann man den Bogen auch, wie bei Fig. 943b, auf einer vorgekragten Steinschicht ruhen lassen, die nach Vollendung leicht abzustemmen ist. Das Wölben geschieht entweder auf zwei einzeln gestellten Bretterbögen, oder es werden die zwei Lehrbögen auf ein breites Brett genagelt, wonach sich der Zwischenraum mit Sand ausfüllen lässt. Für grössere Lehrbögen werden mehrfach vernagelte Felgenkränze ebenso hergestellt, wie dies schon bei den Bogendächern beschrieben ist. Sie müssen dann der Spannweite entsprechend sicher unterstützt werden. Fig. 944 zeigt einen Korbbogen, der sowohl an jeder Seite wie auch durch einen Stil in der Mitte unterstützt wird. Bei grösser werdenden Oeffnungen müssen die Lehrbögen entweder von unten auf mehrfach unterstützt oder aber von einem Hänge- oder Sprengewerk getragen werden.

Fig. 943.

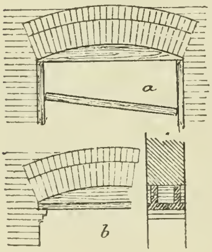


Fig. 945.

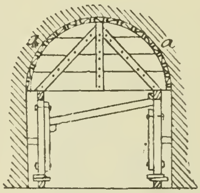


Fig. 946.

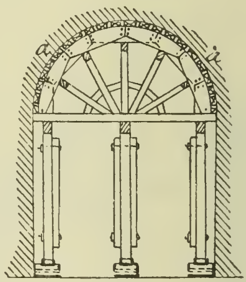


Fig. 944.

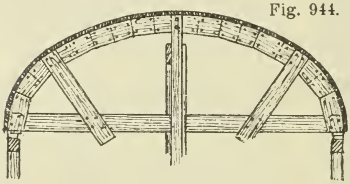
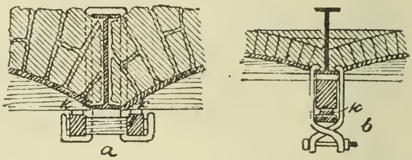


Fig. 947.



Aehnlich, wie angegeben, werden für die Herstellung von Gewölben Lehrgerüste ausgeführt. Tonnengewölbe und Kappengewölbe verlangen häufig ein vollständig zugeschaltes Lehrgerüst. Fig. 945 giebt den Querschnitt eines solchen. Die Lehrbögen stehen in Abständen von 0,75—1,10 m, und die Schalung besteht aus starken Schalbrettern oder Dachlatten, welche indess nur an einzelnen Stellen genagelt werden. Um diese Lehrgerüste vor der schliesslichen Beseitigung zunächst etwas lösen zu können, sodass das Gewölbe beim Ausrüsten allmählich und nicht ruckweise in Spannung gesetzt wird, muss man dieselben auf Keile stellen, wie in Fig. 945, oder auf eiserne Sandtöpfe, wie in Fig. 946, bezw. noch besser auf Schraubentöpfe. (Vergl. S. 115). Um die Kosten der Einrüstung zu ermässigen, werden die unteren Wölbschichten häufig ohne Einrüstung versetzt; oder es werden auch wohl bis zu einer entsprechenden Höhe über Kämpfer die Schichten wagrecht verlegt. Die Höhe, bis zu welcher die Wölbschichten einer Unterstützung nicht bedürfen, weil sie durch die Reibung allein auf ihrer Unterlage festgehalten werden, hängt besonders von der Beschaffenheit des Mörtels ab: im ungefähren werden diejenigen Wölbschichten ohne Unterstützung liegen können, bei denen der von der Lagerfuge mit der Wagrechten gebildete Winkel 20⁰ nicht übersteigt.

Die in den Gewölben vorkommenden Stichkappen müssen immer besonders eingeschalt werden, und es muss an die hierfür zu verwendenden Bretter die

passende Schmiegefläche nach Maassgabe der Form des Hauptgewölbes angeschnitten werden. Dieselben vertheuern daher bei häufiger Wiederholung die Einschalung wesentlich. Sollen Kappengewölbe zwischen eisernen Trägern gewölbt werden, so lassen sich die Lehrgerüste dadurch vereinfachen, dass man sie nicht mit Stielen unterstützt, sondern an eisernen Haken oder Zangen aufhängt, wie Fig. 947 zeigt.*) Auch hier müssen indess Keile *k* eingefügt werden, um ein allmähliches Lösen möglich zu machen. Soll ein solches Gewölbe später eine Gipsdecke auf Deckenschalung erhalten, so kann man letztere auch an angebolzten Latten oder mit Schrauben vorab befestigen, und dann die Gewölbeschalung ganz ersparen, indem man auf einem losen Lehrbogen wölbt, der auf der Deckenschalung bei jeder Gewölbeschicht entsprechend vorgezogen wird. Nur die letzte Schicht muss aus freier Hand gemauert werden.

Etwas umständlicher gestaltet sich die Herstellung von Lehrgerüsten für Kreuzgewölbe. Es müssen zunächst die Gratbogen ausgetragen werden. Der Kreuzungspunkt derselben wird dann durch einen Pfosten, den sogen. Mönch unterstützt; die kleinen Zwischenbögen werden an die Gratbögen genagelt. Bei steilen halbkreisförmigen oder spitzbogigen Kreuzgewölben pflegt man nur die

Fig. 948.

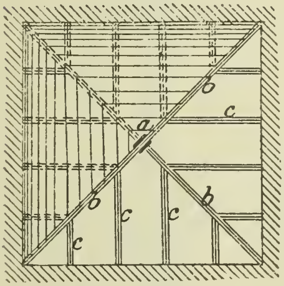


Fig. 949.

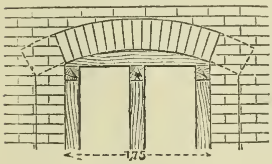
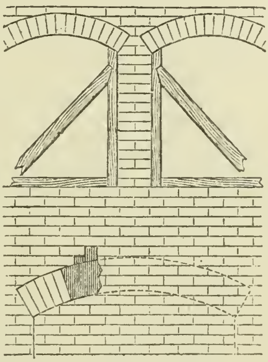


Fig. 950.



Diagonalrippen durch Lehrbögen zu unterstützen; die eigentlichen Kreuzkappen werden dann aus freier Hand gemauert. In ähnlicher Weise findet auch die Herstellung von Stern- und Netzgewölben statt. Polygonale Klostergewölbe müssen dagegen eingeschalt werden. Fig. 948 zeigt die hierfür nothwendige Aufstellung der Lehrbögen. Böhmische Kappengewölbe erhalten in der Regel noch einmal so viel Lehrbögen, wie der Grundriss Ecken hat. Diese werden sicher festgestellt; das Einwölben geschieht aus freier Hand.

Runde Kuppeln können, wenn sie nicht sehr flach sind, nach einer um die Mittelaxe der Kuppel drehbaren Schablone aus freier Hand gemauert werden, in jedem Falle ist dies für den unteren Theil möglich. Für Spiegel- und Muldengewölbe ist stets eine vollständige Einschalung nothwendig.**)

III. Absteifungen und Abspreizungen.

Soll ein tragender Mauerpfeiler oder Balken zeitweilig entfernt oder erneuert werden, so muss man bis zu dessen anderweiter Wiederersetzung eine Absteifung ausführen. Eine solche besteht entweder in senkrechten Stützen, die auf Doppelkeilen ruhen und Rähme aufnehmen, oder in schrägen Streben, welche auf Keilen in einer sogen. Treiblade festgestellt sind und Treibladen-Streben benannt werden.

Erstere einfachere Absteifung zeigt Fig. 949 für einen Bogen, dessen Last zur Vornahme des Ausbruchs einer grösseren Oeffnung abgefangen werden soll. Die Steifen ruhen unten auf einer Schwelle; man kann in diesem Fall auch die Verkeilung entbehren, indem man die Steifen ein wenig schräg stellt und dann

*) Vergl. ausserdem Dtsche. Bauztg. 1901, S. 414 und S. 650: Die Gerüsthalter von Pock & Kleyer, bezw. W. Stieper.

**) Ein grösseres für die Rheinbrücke bei Worms hergestelltes Lehrgerüst findet sich abgebildet Dtsche. Bauztg. 1900, S. 575.

fest eintreibt. Fig. 950 zeigt eine ähnliche Absteifung, jedoch mit Verstrebung zum Uebertragen der Last auf die Seiten, da die Einstemmung eines Bogens mitten unter dem Fensterpfeiler vorgenommen werden soll.

Schwieriger wird die Arbeit, wenn man eine tragende Wand entfernen will. Man muss alsdann auf jeder Seite eine Absteifung unterbringen, welche oben durch Schienen die Last der Wand aufnimmt, bis die neuen Träger eingelegt sind. Fig. 951—953 zeigen eine derartige Anordnung, bei der an der einen Seite die Steifen auf einer Schwelle ruhen, welche von den, normal zur Wand liegenden Balken getragen wird. Auf der anderen Seite der Figur ist gezeigt, wie man bei Balken, welche parallel zur Wand liegen, mittels kurzer Schwellen die Last auf zwei Balken vertheilt, ferner auch im Querschnitt, Fig. 952, wie man den Druck mittels besonderer Absteifung von hier auf die untere Balkenlage übertragen kann. Die neu zu verwendenden Träger müssen, wie in derselben Figur angedeutet ist, vorher so an Ort und Stelle gebracht werden, dass sie später leicht hoch genommen werden können. Die Steifen stehen unten auf Doppelkeilen, welche vorsichtig anzutreiben sind, da bei einem sonst eintretenden Anheben der Balkenlagen die Decken Risse bekommen würden.

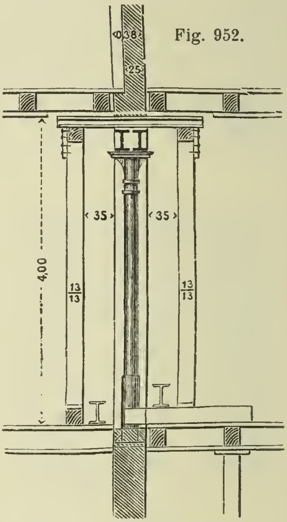
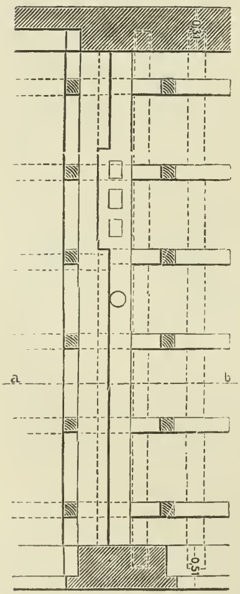
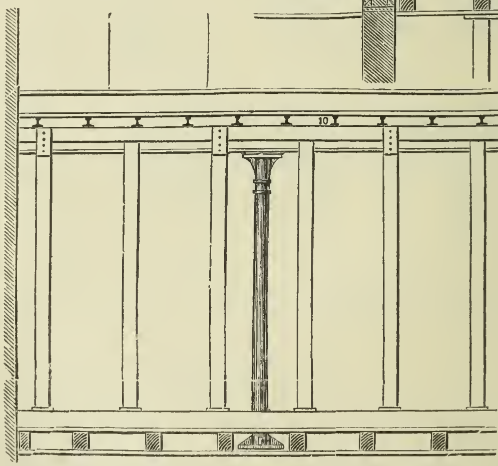


Fig. 952.

Fig. 951.


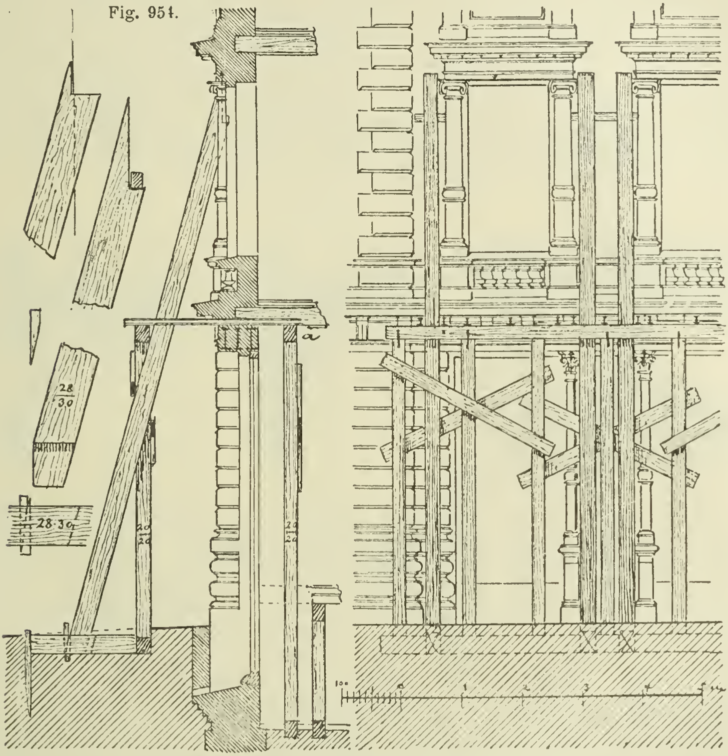
Mit noch grösserer Sorgfalt wie vorher muss eine Absteifung stattfinden, welche die Last

Fig 953.


einer ganzen Frontwand tragen soll. Eine senkrechte Unterfangung nimmt auch hier die Last der Balkenlage und des zunächst darüber liegenden Mauerwerkes auf, während der übrige Theil mit der ganzen oberen Last der Frontwand einer Treibladen-Absteifung zufällt. Man stellt die Steifen lieber etwas enger, als dass man aussergewöhnlich starke Hölzer verwendet. Fig. 954 macht die Anordnung einer solchen Absteifung zum Zweck eines Ladenfenster-Durchbruches im allgemeinen klar. Die Last der Balkenlage, die bis zur vollendeten Unterbringung der Träger ihres Auflagers beraubt ist, wird von der Pfette *a* und den darunter stehenden senkrechten Steifen aufgenommen. Letztere

ruhen entweder mittels kleiner Schwellhölzer auf den unterhalb besonders abgesteiften ersten beiden Kellerbalken, oder, wie in der Figur angegeben, auf dem massiven Kellerfussboden, bezw. auf festem Untergrunde. Eine entsprechende Reihe senkrechter Steifen wird an der äusseren Seite der Front gestellt, und nimmt im Verein mit den erwähnten inneren Steifen mittels kurzer Querriegel, statt deren man sich mit Vortheil auch alter Eisenbahnschienen bedienen kann, die Last desjenigen oberen Mauerwerks auf, welches nicht durch die Treibladen-Streben abgefangen werden kann. Letzteren fällt die Last des ganzen oberen Mauerwerks zu; ihre Unterbringung muss mit grösster Vorsicht und sorgsamer Berücksichtigung aller besonderen Umstände des einzelnen Falles stattfinden, Sie müssen stets so gestellt werden, dass ihre Verlängerung, wie in der Figur angedeutet ist, eine Balkenlage trifft. Man stellt sie mit einem rechtwinkligen

Fig. 951.



Ausschnitt mit Lothschmiege unter eine Streckerschicht, nachdem man ein Stück hartes Holz von $^{12}/_{15}$ cm Stärke und 25 cm Länge zwischen die Klaue der Strebe und die betr. Steinschicht gebracht hat. Unter letzterer muss ein hinreichend tiefes Loch zur Aufnahme des Strebenendes gestemmt sein, so dass die Schmiege beim Antreiben nicht mehr das Mauerwerk fassen, sondern frei mit dem Ausschnitt in die Unterlage greifen kann. Das Antreiben geschieht mittels Verkeilung in der Treiblade. Letztere, ebenso stark wie die Strebe und 1,5—2 m lang, wird ganz eingegraben und u. Umst. mit einer vorgerammten Bohle, sonst nur zwischen sechs Pfählen festgestellt. Sie muss auf gewachsenem Untergrunde ruhen oder so fest unterstopft sein, dass sie an allen Stellen voll aufliegt. Zur Aufnahme der Verkeilung erhalten die Treibladen einen ganz durchgelochten Schlitz, dessen Breite etwa $^1/_3$ ihrer Stärke entspricht. Die Strebe erhält einen entsprechend

starken Zapfen der 25 cm lang und mit einer Vertikalschmiege versehen ist. Vor letzterer wird der erste Keil mit dem breiten Ende nach unten eingesteckt und dann die Strebe mit einem zweiten Keil angetrieben. Die Keile sollen etwa 30 cm lang, oben 5—6 cm breit sein und aus hartem Holze bestehen. Bei kurzen Treibladen ist das volle Holz am Ende mit einem Bolzen zu sichern. Ob die Last von der Strebe aufgenommen ist, lässt ein klingender Ton erkennen, den ein Hammerschlag hervor bringt. Diese Probe ist auch bei den Senkrecht-Steifen maassgebend, und sie muss im Verlaufe der Arbeit mehrfach wiederholt werden; jedoch ist insbesondere bei letzteren Vorsicht nothwendig, damit sie nicht zu stark angetrieben werden und die Balkenlage gehoben wird. Die Streben werden mit angenagelten Brettern abgeschwertet. Nach Vollendung der Arbeiten sind zunächst die Senkrecht-Streben, und erst vier bis sechs Tage später die Treibladen zu entfernen. — Es ist zum Ausrüsten besser, die Keile stecken zu lassen und lieber die Schwellen bezw. Treibladen zu untergraben. Eine besonders schwierige Absteifung wurde zwecks Erneuerung der Pfeiler der Marienkirche in Reutlingen erforderlich, von deren Absteifung sich Deutsche Bauzeitung 1900, S. 37 mehrere Abbildungen befinden. Von Interesse sind ausserdem die Absteifungen, welche bei Herstellung der Untergrundbahn von Siemens & Halske in Berlin am Empfangsgebäude des Potsdamer Bahnhofes zwecks tieferer Herabführung der Fundamente erforderlich wurden. Vergl. Deutsche Bauzeitung 1901, S. 532 und Centralblatt der Bauverwaltung 1901, S. 4.

Fig. 955.

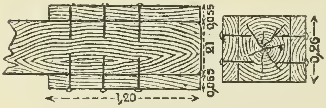


Fig. 956.

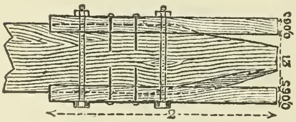


Fig. 957.

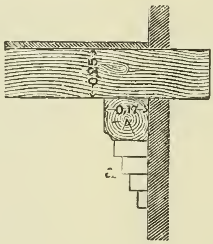
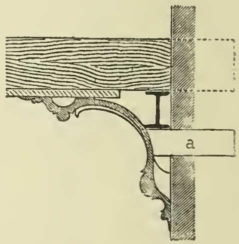


Fig. 958.



In Verbindung mit der Arbeit des Absteifens steht diejenige der etwa nothwendigen Erneuerung, bezw. Sicherung der Balkenauflager. Letztere Arbeit ist stets von vornherein mit zu berücksichtigen, und es ist von besonderer Wichtigkeit, die alten Auflager der frei gelegten Balken auf das Genaueste zu untersuchen. Fig. 955 zeigt die Verstärkung eines noch tragfähigen Balkenkopfes mittels aufgenagelter Bohlen; Fig. 956 zeigt einen bereits angefaulten Balkenkopf, bei welchem die Verstärkungsbohlen stets mit zwei durchgesteckten Bolzen zu befestigen sind. Scheint es nicht rathsam, die Balken ganz frei zu legen, so kann man auch, nach Fig. 957, einige vorgekragte Schichten einstemmen, und die Balken mit einem Wand-Unterzuge unterstützen. Soll dieser Unterzug nicht zu Gesicht treten, so lässt sich in der Regel ein eiserner Balken anwenden, den man, Fig. 958, hinter einer Gesims-Hohlkehle verstecken kann. Auch die Balkenanker sind bei der Ausführung eines Umbaues einer genauen Untersuchung zu unterziehen, und wo dies nöthig ist, neu zu befestigen. Stellt sich heraus, dass ein einzelner Balken ganz schlecht ist, so armirt man ihn seiner ganzen Länge nach mit Bohlen, sofern auf alle Fälle die darunter befindliche Decke erhalten bleiben soll. Anderenfalls ist vollständiger Ersatz durch einen neuen Balken überall vorzuziehen.

Ueber Erneuerung der vom Hausschwamm zerstörten Balkenlagen eines viergeschossigen Hauses in Mannheim, ohne dass dabei das Haus geräumt werden musste, und ohne dass Schalung und Deckenputz fortgenommen wurde, ist eine ausführliche Mittheilung in der Deutschen Bauztg. 1885, S. 500 enthalten. In den zunächst „ausgeräumten" Decken wurden, vor Fortnahme der Holzbalken I-Träger (je einer zum Ersatz von zwei Holzbalken) gelegt, dann die Holzbalken

in kurze Längen zerschnitten, die man mittels Winden zur Seite drückte, so dass sich die Schalungsnägel sanft auszogen. Alsdann legte man zu einer Seite je eines Eisenbalkens ein starkes Bohlstück, welches an Zwischeneisen aufgehängt wurde und an diesen Bohlstücken wurden die Schalbretter usw. jedes mit zwei Holzschrauben wieder sicher befestigt. Zwischen den Eisenträgern wurden alsdann Kappen eingezogen und durch übergelegte Schwellhölzer die Grundlage für die Parkett-Fussböden geschaffen. Die vom Architekten Manchot bewirkte Ausführung wird als „sehr gelungen“ bezeichnet.

In ähnlicher Weise, wie oben beschrieben, muss auch die Absteifung von Gewölben vorgenommen werden; doch verwendet man für diesen Fall häufig Steifen mit untergesetzten Schrauben; hierzu sei auf einen Sonderfall verwiesen, der in Dtsche. Bauztg. 1882, S. 257 beschrieben ist.

Soll bei geschlossener Bebauung ein zwischen zwei anderen Häusern stehendes drittes Haus niedergelegt werden, so ist es nothwendig, die Giebelwände der

Fig. 959.

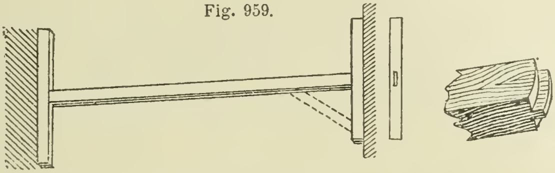


Fig. 960.

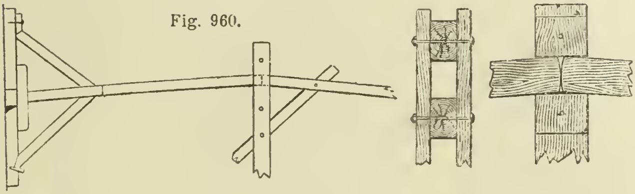
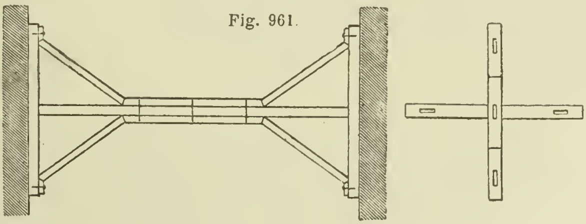


Fig. 961.



Nachbarhäuser gegen einander abzuspreizen, bis das neue Zwischenhaus die Lücke wieder gefüllt hat. Für diese Arbeit werden gleich während des Abbruchs in Abständen von etwa 8—10 m Balken so von Länge geschnitten, dass sie in wenig schräger Richtung mit runden Zapfen, wie Fig. 959 zeigt, zwischen zwei „Klebhölzern“ getrieben werden können. Die Abspreizung darf nur an solchen Stellen vorgenommen werden, wo in den Nachbarhäusern eine Balkenlage oder eine stärkere Scheidewand die Giebelwände vor dem Eindrücken sichert. Da gewöhnlich die alten Balken vom Abbruch zu Spreizen verwendet werden, so ist es oft vorzuziehen, sie aus zwei Stücken herzustellen; Fig. 960 zeigt diese Anordnung. Die Stossflächen sind leicht abgerundet und darüber liegt ein Zangengeschränk, welches gesenkt wird und, in diesem Zustand befestigt, die Spreizbalken gegen die Giebelwände drückt. Eine noch weiter gehende Anordnung mit Sprengebändern nach allen vier Seiten zeigt Fig. 961. Sind mehrere Spreizen wagrecht oder senkrecht neben einander angeordnet, so verbindet man dieselben vortheilhaft durch angenagelte Dielen, wodurch eine grössere Steifigkeit erzielt wird.

IV. Heben und Bewegen von Bauwerken.

Die Vorkehrungen zum Bewegen von Bauwerken von ihrer Stelle sind zwar den jeweiligen Verhältnissen genau anzupassen; gemeinsam ist denselben jedoch, dass das betr. Bauwerk von seinen Fundamenten losgelöst und darnach auf einen besonders ausgebildeten Unterbau von Holz- oder Eisenwerk gestellt wird, welcher auf den festen Baugrund hinab reicht. Die Fig. 962—966 erläutern diese Arbeit an dem Beispiel eines Hauses, welches in Buffalo, N.-Y. im Juli 1882 um 1,52 m gehoben und um 10,66 m verschoben worden ist.*) Das massive viergeschossige Haus hatte eine Länge von 27,45 m, bei einer Tiefe von 24,5 m und einem Gewicht von rd. 2300 t. Die Umfassungsmauern waren 0,4 m und die zu unterstützenden Innenmauern 0,3 m stark. Es wurden zunächst unter dem Erdgeschoss-Fussboden in Abständen von 1,2 m Löcher durch die Mauer gestemmt und die 30/30 cm starken, 2,4 m langen Tragebalken durchgeschoben. Die Frontwand, Fig. 964, welche Ladenöffnungen mit schmalen Fensterpfeilern und eisernen Säulen enthält, hätte hierfür eigentlich zunächst abgesteift werden müssen; doch liess sich diese Arbeit umgehen, indem man bei den Säulen und Pfeilern überall zunächst das halbe Fundament frei stemmte, hierunter zwei Längsschwellen auf zwei Tragebalken brachte, und, nachdem die Last von diesen durch Unterkeilung aufgenommen war, die zweite Hälfte ebenso unterfing. Nachdem die Tragebalken durchgeschoben waren, wurde der Grund rings um die Mauern für den Aufbau

Fig. 962.

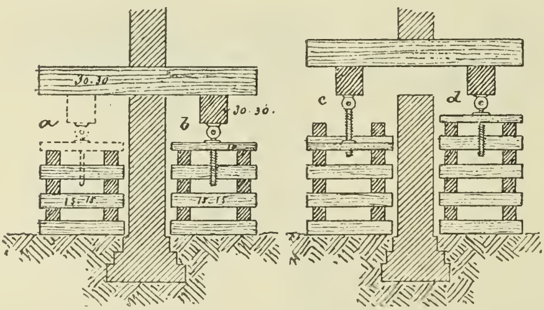
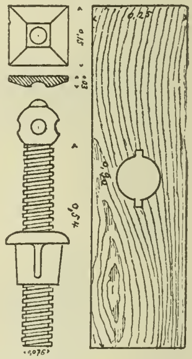


Fig. 963.



des Netzwerkes ausgehoben. Letzteres besteht aus 0,9 m langen Querhölzern und Längshölzern von unbestimmter Länge, beide 10/15 cm stark. Fig. 962a zeigt den Zustand, bei dem das erste Stadium des Unterbaues erreicht ist. Alle Hölzer müssen auf das Sorgfältigste überall voll aufliegend und wagrecht verlegt werden. Ist die Höhe von Fig. 962a erreicht, so wird die bei b gezeigte Tragschwelle unter die durchgeschobenen Balken gebracht, welche die obere Last mittels der dazwischen gestellten Schrauben mitten auf den Netzwerkunterbau überträgt. Die eisernen Schrauben sind in Fig. 963 in grösserem Maasstabe dargestellt. Sie werden in Muttern mit seitlichen Ansätzen, die in eine 10 cm starke Eichenholzbohle eingefügt sind, bewegt. Unter jedem Tragebalken müssen auf jeder Seite zwei Schrauben stehen, um später für die Auswechselung überall zuerst eine Schraube fortnehmen zu können. Alle Schrauben werden dann soweit angezogen, dass sie die ganze Last des Gebäudes gerade aufnehmen, ohne aber dasselbe zu heben. Sind alle Schrauben gesetzt, so gruppirt man die Arbeiter paarweise an je zwei Schrauben unter einem Tragebalken. Es sind so viele Arbeiter erforderlich, dass auf jeden derselben nicht mehr als 12—14 Schrauben kommen. Auf ein gegebenes Zeichen ziehen alle Arbeiter ihre Schraube um eine halbe Windung an, wozu sie sich eines langen Schlüssels bedienen. Nachdem das Kommando so oft wiederholt worden ist, dass jedes Paar von Arbeitern die

*) Artingstall, Raising and moving of buildings bodily.

ihm zugewiesenen Schrauben um eine halbe Windung angezogen hat, wiederholt sich der Vorgang. Wenn alle Schrauben um etwa 30 cm höher gerückt sind, müssen sie ausgewechselt werden. Fig. 962 stellt bei *c* diesen Zustand dar. Man legt zwischen die Schraubenbohlen eine neue Reihe kurzer Querbalken, darüber zwei neue Längsbalken, nimmt dann von jedem Paar Schrauben eine heraus, setzt sie an die neue Stelle und dreht so weit, dass sie wieder die ganze Last aufnimmt. Hierauf wird mit der zweiten Schraube jedes Paares ebenso verfahren und alsdann kann das Aufschrauben von neuem beginnen.

Fig. 964.

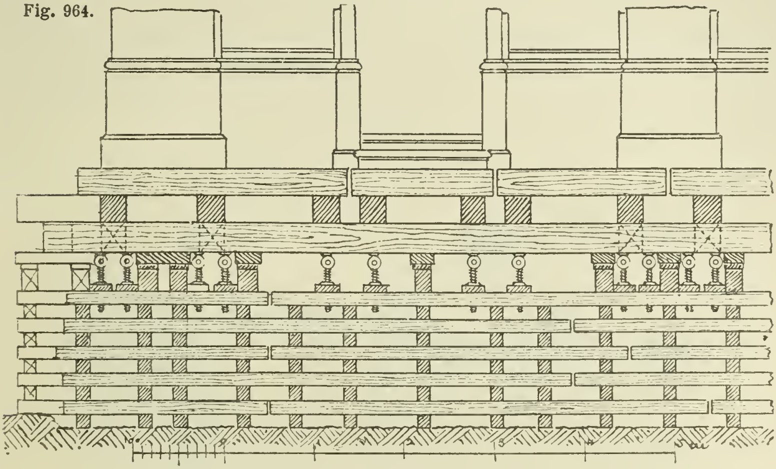
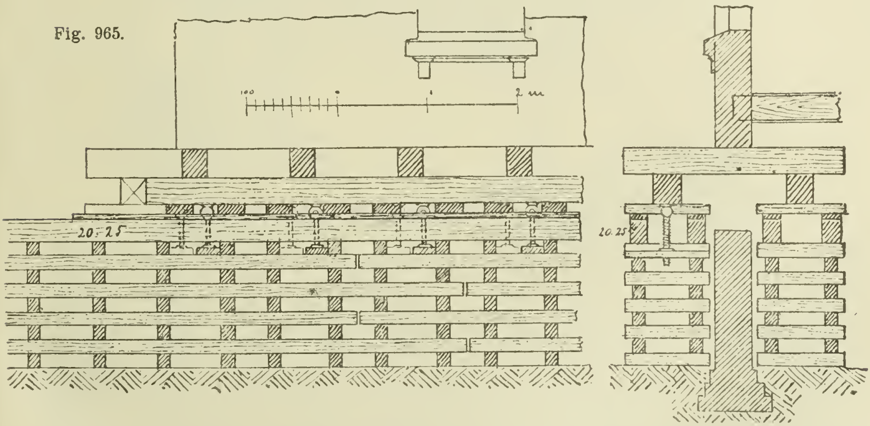


Fig. 965.



Wenn das Gebäude um die gewollte Höhe gehoben ist, werden, wie Fig. 965 ersichtlich macht, noch einmal Querhölzer auf den Netzwerkunterbau gebracht, und hierauf $^{20}/_{25}$ cm starke Gleitbalken verlegt. Dieselben haben gehobelte Oberfläche, müssen möglichst lang sein, und werden in den Stössen durch beiderseits angebolzte Bretter fest verbunden. Sie erstrecken sich, so oft erforderlich, wechselweise gestossen bis auf den neuen Standort des Gebäudes, ruhen auf dem ebenfalls bis dahin verlängerten Netzwerkunterbau und müssen sehr genau verlegt werden. Man bestreicht sie sorgfältig mit Talg oder Seife und bringt unter das Gebäude 2,5 cm starke gehobelte Eichenholz-Bretter. Hierauf wird,

wie ebenfalls aus Fig. 965 ersichtlich ist, überall eins von den Schraubenpaaren entfernt, und der Zwischenraum bis unter die Schwelle mit 10/13 cm starken, 0,9 m langen Eichenholz-Blöcken fest verkeilt. Haben diese die Last aufgenommen, so entfernt man auch die zweite Schraube aller Paare und es kann nun das Fortbewegen in der, in Fig. 966 angegebenen Weise beginnen, indem man die Schrauben gegen einen durch Holzunterlage gesicherten Punkt des Erdreiches setzt. Soll zugleich eine Drehung des Gebäudes stattfinden, so kann man diese durch stärkeres Anziehen der Schrauben an dem einen Ende der Front bewirken. Doch ersetzt man, wo eine Drehung erfolgen soll, die Slips gewöhnlich durch 20 cm dicke Holz-Walzen, weil man bei deren Drehung die Bewegung des Hauses besser nach Wunsch lenken kann. Nach kurzem Fortschreiten (etwa 40 cm) wird das Auswechseln der Schrauben nöthig, welches auch einen Weiterbau des Windenlagers erfordert. Man hat neuerdings mehrfach Doppelschrauben verwendet, die, nach Fig. 967, mit zwei entgegen gesetzten Gewinden arbeiten, und eine ununterbrochene Fortbewegung um etwa 1,8 m gestatten.

Fig. 966.

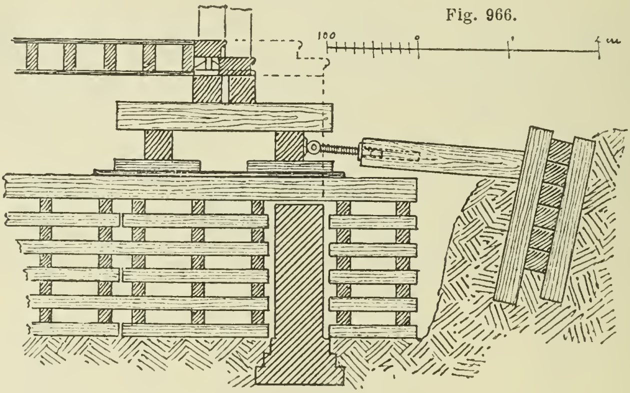
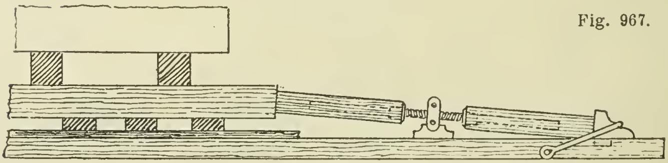


Fig. 967.



Bei dem hier beschriebenen Falle rückte das Haus in einem Tage um 3,66 m vor; in späteren Fällen ist eine Beschleunigung bis zu 6 m erreicht worden. Die Vorbereitungen erforderten 34 Tage mit 15 Arbeitern, deren Anzahl dann nur während der drei Tage des Hochschraubens auf 45 vermehrt werden musste, um die 540 untergesetzten Schrauben zu bedienen. Zum Fortbewegen waren nur 12 Schrauben erforderlich, deren Angriffspunkte in Fig. 964 durch Kreuze ersichtlich gemacht sind. Der Holzbedarf für den Netzwerkunterbau, die Schwellen, Tragebalken usw. betrug 184 cbm. Derartigen Arbeiten kommt in Amerika der Umstand zu statten, dass sie sich öfter wiederholen und dass infolge dessen die Hölzer und Schrauben häufig für den gleichen Zweck dienen können. Das ungemein schnelle Anwachsen mancher Städte macht Strassen-Verbreiterungen usw. erforderlich, durch die das Häuserverschieben nothwendig wird. Als z. B. 1867 die Staatsstrasse in Chicago von 24,2 m auf 30,5 m verbreitert, und zum Schutz gegen die jährlich wiederholten Wasserschäden wesentlich erhöht werden musste, sind auf einer Länge von 5 km viele drei- und viergeschossige Häuser auf die angegebene Weise gehoben und verschoben worden.

In Fig. 968 ist noch die Anordnung des Fundamentunterbaues für ein eingebautes Haus gezeigt, bei dem man die Last der Giebelwände von durchlaufenden Balken aufnehmen lässt, welche 30—35 cm stark sind, und in Entfernungen von 0,9 m unter die Last gebracht werden. Die grösste derartige Arbeit war die Verschiebung des Pelham-Hôtels in Boston im Jahre 1881. Das Gebäude hat 7 Geschosse, ruht unten auf mächtigen Granitsäulen, und wiegt rd. 5000 t. Dasselbe sollte 4 m weit zurückgeschoben werden, wozu die Vorbereitungen in 2½ Monat mit 4351 Tagewerken ausgeführt wurden. Weder der Hôtelbetrieb noch jemand von der Bewohnerschaft ist dabei auch nur einen Augenblick gestört worden. Gas- und Wasserrohrleitungen waren durch Einlegung biegsamer Stücke verlängert, so dass auch sie während des Fortschiebens in Wirksamkeit erhalten werden konnten. Letzteres geschah in zwei Tagen mit 56 Schrauben etwa nach Fig. 966 durch Menschenkraft. Die Kosten haben sich auf 120 000 M. belaufen.*)

In einer anderen Weise, als vorstehend beschrieben, ist im Jahre 1888 das Brighton-Beach-Hôtel auf Covey-Island, ein grosser Holzbau von 4 Geschossen Höhe, welcher durch die See-Unterspülungen gelitten hatte, um 180 m landeinwärts versetzt worden. Das Gebäude war mittels Schrauben um 2,5 m gehoben; alsdann führte man 24 Schienengleise normaler Spurweite darunter, auf die man

Fig. 968.

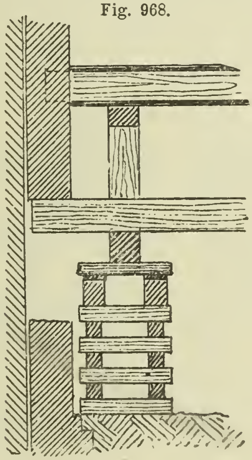
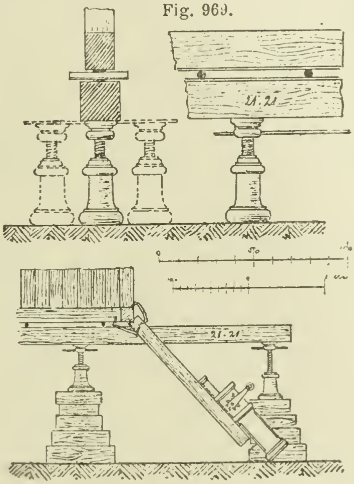


Fig. 969.



122 Wagen mit Plattformen, in 24 kurze Züge vertheilt, brachte. Nunmehr wurde durch Lösen der Schrauben das Gebäude auf die Wagen gestellt und alsdann spannte man vor die Züge sechs schwere Lokomotiven, mittels welcher das Gebäude an seinen neuen Standort gerückt ward. — In ganz ähnlicher Art ist 1889 auch das Oceanhouse bei New York um 115 m verschoben worden.**) Schwierigere Vorbereitungen erforderte im Herbst 1895 die Verschiebung der Immanuelkirche in Chicago, eines Gebäudes von 6652 t Gewicht, von welchen 1430 t allein auf den massiven Thurm entfallen. Wegen Mangels an inneren Scheidewänden war hier eine sorgfältige innere Aussteifung erforderlich und als Unterlager verwendete man auf dem Netzwerk eiserne I Träger. Der Vorgang ist ausführlich beschrieben und abgebildet in der Dtsch. Bauztg. 1897, S. 80 ff.

Das Gelingen dieser Arbeiten hängt wesentlich von dem fast peinlich sorgsamen Aufbau der Netzwerkunterfangung und der Unbeweglichkeit des Untergrundes ab. Die Schnelligkeit und Leichtigkeit der Bewegung ist stark beeinflusst von der Witterung; bei staubigem Wetter wird es mitunter unmöglich, das Schmiermaterial auf dem Holze rein zu erhalten. Die Leitung der Arbeiten muss eine vollkommen einheitliche, und der Betrieb ein übersichtlicher sein.

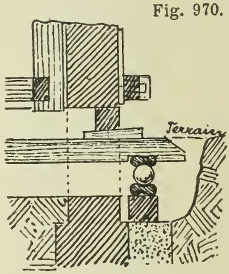
*) S. a. Dtsche. Bauztg. 1881, S. 585. — **) Dtsche. Bauztg. 1889, S. 156.

In Europa sind bisher grosse Ausführungen dieser Art nicht vorgekommen. Fig. 969 zeigt die betr. Vorkehrungen für das im Jahre 1880 mit Schrauben gehobene Stationsgebäude der Köln-Düsseldorfer Dampfschiffahrts-Gesellschaft in Mainz, nach einer Mittheilung im Wochenblatt für Arch. und Ing. 1881, S. 68. Das Haus, ein Fachwerkbau von 8 m zu 32 m wog 50 t. Es musste 1,75 m gehoben und dann 10,21 m nach Osten und hierauf 11,25 m nach Süden verschoben werden. Ersteres geschah mit 24 Schrauben, letzteres auf eisernen Walzen von 30 cm Länge, und 3,5 cm Durchmesser, mit zwei Zahnstangen-Winden. Fünf Mann gebrauchten zu den Vorarbeiten fünf Tage, zum Hochheben fünf Tage, zur Bewegung nach Osten acht und zu derjenigen nach Süden sieben Tage, und somit zur Beendigung der ganzen Arbeit 25 Tage. Thüren und Fenster wurden geschlossen gehalten und blieben ohne Schaden. Die Kosten betrugen 1100 M.

Bei Gebäuden geringer Güte ist es nothwendig, die Fenster heraus zu nehmen, die Oeffnungen auszusteifen, und den ganzen Verband durch Hinzufügung von sicher befestigten Diagonal- und Querzangen zu sichern.

Bei der 1884 vorgenommenen Hebung der Schulbaracke in der Grenzstrasse in Berlin, eines 15 m zu 45 m grossen Fachwerkbaues mit massiver Verblendung, um 1,5 m wurden ausserdem an der Front Treibladen-Streben gestellt, um dem Ablösen der Verblendung vorzubeugen. Das Gebäude wurde dann mit imganzen etwa 100 Schrauben in einem Tag etwa 25 cm gehoben. Da die Fundamente sogleich nachgemauert wurden, war eine Unterfangung mit Holz entbehrlich.*)

Fig. 970.



Ueber eine Vereinfachung bezüglich der Fortbewegung eines Gebäudes theilt die Revue gén. de l'archit. von 1883 einen Versuch des Oberst Rochas mit. Derselbe hat in Remoratin ein kleines Geschoss-Magazin von 16 qm Grundfläche und 50 t Gewicht, auf eisernen Vollkugeln zwischen Schienen, wie Fig. 970 zeigt, von 16 Mann 35 m weit ohne alle Schraubenvorrichtung fortschieben lassen. Aehnlich transportirte auch schon Graf Carbouri den 1200 t schweren Sockel für das Denkmal Peters des Grossen in St. Petersburg auf Schienen und Vollkugeln aus Bronze. Wenn aber auch zugegeben werden muss, dass für die Fortbewegung auf Kugeln nur $^1/_{80}$ des Gewichts der fortzuschaffenden Masse als Kraftleistung erforderlich ist, so liegt dennoch bezügl. der Verschiebung von Bauwerken kein grosser Vortheil in dieser Ersparniss, da das Unterfangen und Aufsetzen des Hauses auf ein besonderes Fundament die Hauptarbeit bleibt. Danach aber lässt sich die Bewegung auch auf Slips oder Walzen mit wenigen Schrauben leicht bewerkstelligen.

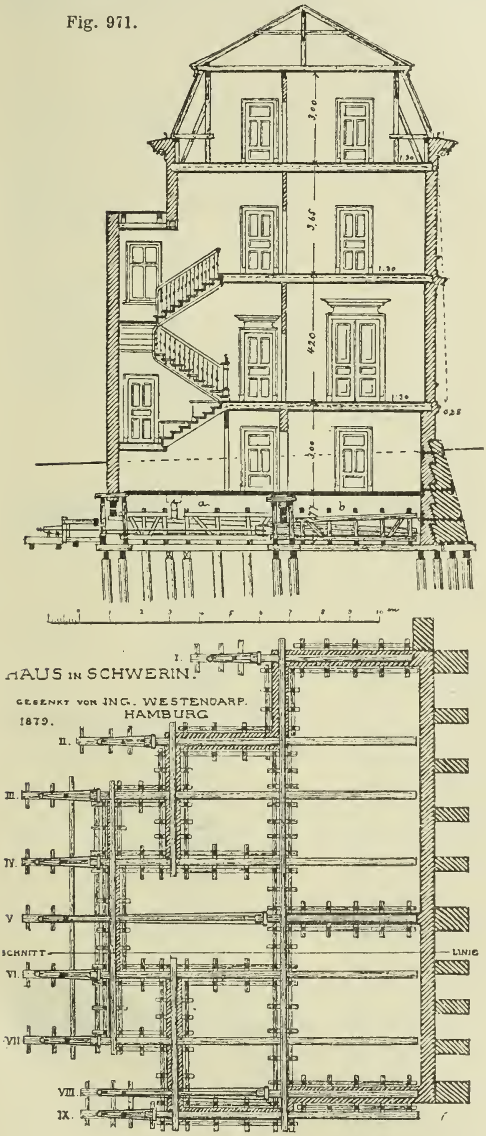
Bei Gebäuden usw. von nicht grosser Grundfläche, hat man mehrfach mit Vortheil statt der Schrauben Wasserdruck-Pressen benutzt. Diesem Vorgehen steht bei grösseren Bauwerken nur die sehr erhebliche Zahl von Pressen entgegen, welche erfordert wird, und die das Unternehmen unverhältnissmässig vertheuert. Als Beispiel sei die Verwendung von 12 Wasserdruck-Pressen zur Hebung um 8 m und Drehung des Kreuzbergdenkmals in Berlin im Jahre 1878 angeführt. Das Denkmal, eine 18,4 m hohe eiserne Spitzsäule, ruht auf einem Mauerkörper aus Kalkstein von 3 m Höhe und 10 m Durchmesser. Unter letzterem wurden die Pressen so vertheilt, dass vier in der Peripherie eines Kreises von 0,70 m und acht in derjenigen eines Kreises von 1,58 m Halbm. aufgestellt waren. Jede Presse hob 16 t bei einer 4000 fachen Uebersetzung der Kraft an den Pumpen. Behufs der Drehung des Monumentes um 20° 46′ waren die Presszylinder, den Boden nach oben gekehrt, aufgestellt, die Kolben also feststehend.

Letztere waren oben kugelförmig abgerundet und nur mit einem kurzen Längentheil zylindrisch gestaltet. Wenn daher die Presszylinder die höchste Stellung erreicht hatten, hörte die Führung in senkrechter Richtung auf und es

*) Baugew. Zeitg. 1884, S. 890.

konnte durch Hinzutritt einer Seitenkraft ein Kippen erzielt werden, welches, wenn die Kippkante entsprechend gelegt ward, zu einer Drehung führte. Diese Kippkante war in eiserne Teller gelegt, die man zwischen Fundament und Pressen einfügte.*)

Fig. 971.



Einzelne Theile von Bauwerken sind ausserdem, wo man sie zweckmässig aufstellen konnte, mit Vortheil mittels Hebeladen gehoben worden. Als Beispiel kann die Hebung von drei gekuppelten eingleisigen Gitterträgern der Wittenberger Elbbrücke die 1887 nach dem Bahnhofsumbau nöthig wurde, erwähnt werden. Jeder dieser Träger wog 80 ^{t} und wurde von 32 Hebeladen, von denen 8 an jedem Ende und 19 in der Mitte vertheilt waren, in $1^1/_2$—2 Stunden 0,94 ^{m} hoch gehoben.**) Die Kosten der Hebung für alle drei Träger betrugen 4500 M.

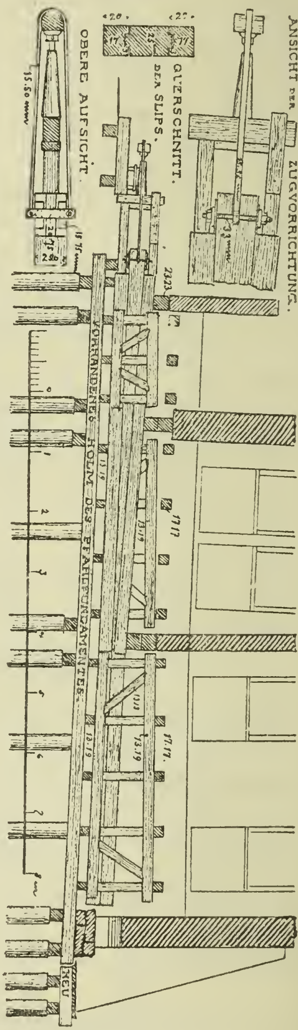
Bei kleinen Lasten, z. B. dem hölzernen Dachwerk eines Gebäudes, welches während der Erhöhung um ein Geschoss nicht abgenommen werden soll, wird man sich stets der Schraubensätze bedienen. Aber auch bei guter Zangenversteifung des Dachwerkes ist eine spätere Umdeckung schon wegen der Anschlüsse an Giebel und Schornsteine beinahe immer nothwendig. Es ist daher meist zweckmässiger, vor dem, zunächst unberührt zu belassenden, alten Dach an der Innenseite der Frontwand vorübergehend Rinnen anzuordnen, die Wände dann hoch zu führen, die neue Balkenlage zu legen und erst dann das alte Dach rasch neu aufzustellen und wieder einzudecken. —

Das Geraderichten eines versackten Hauses ist im Jahre 1879 von Westendarp bei einem Wohnhause in Schwerin in folgender Weise ausgeführt worden. Das Haus stand auf einem mangelhaft gerammten Pfahlrost und war, Fig. 971, so gleichmässig an einer Seite gesackt, dass man sich dazu entschliessen konnte, es durch entsprechende Senkung der anderen Seite gerade zu richten. Zuerst

*) Näheres über die Einrichtung s. Dtsche. Bauztg. 1878, S. 402.
**) Dtsche. Bauztg. 1881, S. 525.

wurde das Haus auf der gesunkenen Seite mittels einer Reihe von Strebepfeilern fest gestellt, welche auf neuen und zuverlässig gerammten Pfählen aufgemauert wurden: Grundriss und Schnitt, Fig. 971 u. 972. Es wurden dann durch sämmtliche Mauern in Entfernungen von 0,70 bis 0,90 m Tragehölzer geführt und diese mittels einer beiderseitigen Fachwerkverbauung, die auf den Fundamentholmen ruhte, so unterstützt, wie bei *a* in Fig. 971 gezeigt ist. Der untere Theil der Mauern konnte nun entfernt werden, worauf an dessen Stelle unter die Längsmauern Träger von 22/23 cm Stärke und unter die Quermauern je zwei Hölzer gebracht werden konnten, zwischen die man einen mit Talg und Seife eingeschmierten Keil legte, dessen Stärke und Steigung der vorzunehmenden Senkung für jede Mauer genau angepasst war. Die Gleitflächen des Keils waren zur Vermeidung der Reibung mit Eisen beschlagen. Die Hölzer nahmen jetzt die ganze Last der Mauern auf, und die Fachwerkverbauung wurde beseitigt und von neuem so wieder hergerichtet, wie in Fig. 971 bei *b* gezeigt ist. Alle Stiele sind um die Keildicke verkürzt, und nehmen die Last der Traghölzer in den Mauern erst wieder auf, wenn die Keile herausgezogen sind. Fig. 972 zeigt in doppeltem Maasstabe rechts den zumtheil schon wieder angezogenen Keil II und die in diesem Theil wieder ins Loth getretenen Mauern, links im Vordergrunde den noch nicht beseitigten Keil III. Das Herausziehen der Keile geschah mittels Schrauben. Wie aus dem Grundriss Fig. 971 ersichtlich ist, waren imganzen neun Keile erforderlich, welche eine Gesammtbelastung von 456 t aufzunehmen hatten. Die Einzelbelastung der Keile wechselte zwischen 49 und 88 t; dem entsprechend schwankte die für das Herausziehen der einzelnen Keile erforderliche Zugkraft zwischen 8 und 14 t. Als Uebelstand hat es sich erwiesen, dass die Keile aus Kiefernholz und nicht aus hartem Holz geschnitten waren. Im übrigen verlief die Arbeit, die imganzen zwei Monate erforderte, völlig nach Wunsch. Das Herausziehen der Keile dauerte zehn Tage, da die nur 30 cm langen Schrauben ein sehr häufiges und zeitraubendes Nachsetzen erforderten. Thür- und Fensteröffnungen waren während dieser Zeit ausgesteift, und es traten einige unbedeutende Mauerrisse auf, die sich aber nachher wieder schlossen; die Möbel waren in dem Hause belassen worden. Die Gesammtkosten betragen 18 000 M. und der Erfolg war ein so günstiger, dass die Mauern überall völlig ins Loth getreten sind. — Neuerdings haben auch in Deutschland Verschiebungen ganzer Häuser, wenngleich immerhin nur leichter Bauwerke stattgefunden. Ueber die Bewegung eines Hauses in Aschaffenburg und in Elbing siehe Dtsche. Bauztg. 1898, S. 115 und 428.

Fig. 972.

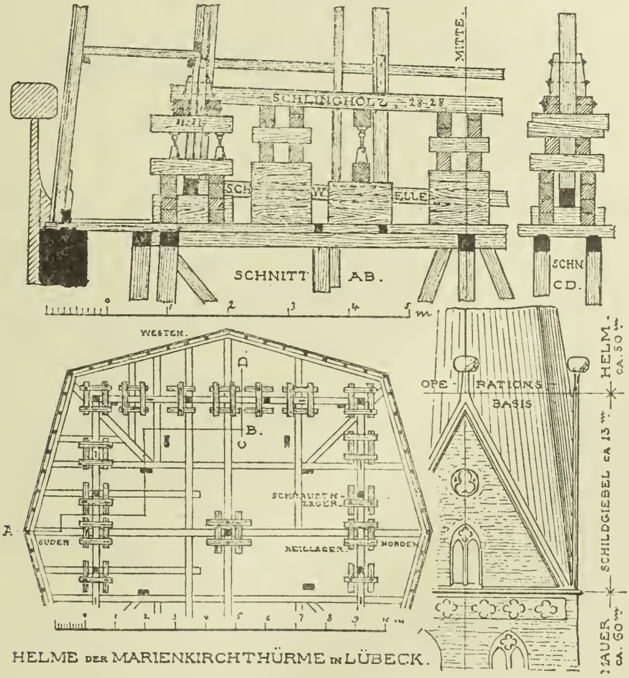


Zum Schluss seien noch einige Mittheilungen über das in letzter Zeit häufiger vorgekommene Geraderichten von Kirchthurmspitzen hinzu gefügt. Es ist hierbei der Zimmerverband des Thurmes ganz besonders zu berücksichtigen. Besteht derselbe z. B. nur aus Streben und Balkenlagen ohne mittleren Kaiser-

stiel, so kann das Geraderichten ohne jede weitere Vorrichtung nur durch Antreiben oder Lösen der Streben in den verschiedenen Böden ausgeführt werden. Ist der Verband aber starr, in jedem Geschoss durch Balkenschlösser fest gelegt, so muss das Richten durch entsprechende Hebung einer Schwelle in dem unteren Thurmgeschoss geschehen und wird am besten mittels Aufschraubung vorgenommen.

Als Beispiel ist in Fig. 973 die Schrauben-Aufstellung für die Geradrichtung eines der Helme der Marienkirche in Lübeck durch Baudirektor Schwiening in den Jahren 1883—1884 mitgetheilt. Die Abweichung der Helme vom Loth war bedeutend; sie betrug bei dem Nordthurm nach Westen und Norden 3,02 m, bezw. 1,635 m, bei dem Süderthurm nach Westen und Süden, 2,69 m, bezw. 3,675 m. Auch das Schaftmauerwerk war bei dem erstgenannten Thurm 1,18 m, bezw. 1,88 m, bei dem zweiten 0,97 m, bezw. 1,61 m aus dem Loth gewichen, an dessen Geradrichtung indessen der Kosten und Gefahr wegen nicht zu denken. Es konnte

Fig. 973.



HELME DER MARIENKIRCHTHÜRME IN LÜBECK.

sich daher nur darum handeln, die Helme zu richten. Hierzu wurde als Plattform der Boden oberhalb der Schildgiebel gewählt. Nachdem die Balkenlage entsprechend verstärkt war, stellte man die Schrauben in der aus dem Grundriss Fig. 973 ersichtlichen Anordnung auf. Für jeden Helm wurden 24 Schrauben gebraucht, von denen zwei unter dem Kaiserstiel angebracht waren. Die Auswechselung der Schrauben wurde sehr einfach durch Keillager ermöglicht, welche, wie der Schnitt *A B* zeigt, zwischen je zwei Schraubenstellungen angeordnet waren. Schnitt *C D* macht deutlich, wie durch Antreiben der Keile nach jeder Höherdrehung der Schrauben die Last sogleich von dem ersteren aufgenommen wurde, so dass die Schrauben dann jederzeit leicht nachgesetzt werden konnten. Ihren Angriffspunkt fanden dieselben unter Schlinghölzern, welche zur Vornahme dieser Arbeit an die Tragepfosten angebolzt waren. Die Schwelle war an letzteren fest gemacht, hob sich daher zugleich mit und wurde nach Vollendung mittels

untergebrachter eichener Schwellklötze von im max. 0,47, bezw. 0,56 m Höhe, wie Schnitt *A B* erkennen lässt, in ihrer neuen Lage erhalten. Das Richten dauerte zwei bis drei Tage, während welcher Zeit alle Verbindungen des Dachstuhls oberhalb und unterhalb der Plattform gelöst, und, zur Vermeidung von Unglücksfällen, durch Spannketten ersetzt waren. Dieselben konnten je nach der Bewegung des Helms angezogen oder gelöst werden. Zur Entlastung des Dachstuhls war die Bleibedachung, welche durch eine solche aus Kupfer ersetzt werden sollte, vorher abgenommen. Zur Beobachtung der Bewegung der Helmspitzen waren letztere mit Latten-Skalen versehen, deren Bewegung durch aufgestellte Theodolithe kontrolirt wurde. Nach Vollendung der ganzen Hebung wurden die Schwellklötze mit den Schwellen und Tragepfosten verbolzt, die Verstrebungen zwischen oberem und unterem Stuhl wieder angebracht, und erst dann die Schrauben gelöst und die Hilfshölzer beseitigt. Die Kosten der Geradrichtung haben für jeden Helm rd. 3000 M. betragen.

IV. Die Rücksichten auf Feuersgefahr und Verkehrssicherheit in den Gebäuden.

Bearbeitet von H. Kirstein, Baurath in Berlin, unter Zugrundelegung der älteren (1895) Bearbeitung des Regierungs- und Bauraths C. Mühlke in Schleswig.

I. Sicherungen für Wohn- und Miethhäuser.

Litteratur:

Baupolizeiordnung für den Stadtkreis Berlin 15. 8. 1897. — Baupolizeiordnung für die Vororte von Berlin 5. 12. 1892. — Baupolizeiordnung für die Stadt Charlottenburg (mit Ausnahme des Theiles, welcher der Baupolizeiordnung vom 5. 12. 1892 untersteht), für den mit Plötzensee bezeichneten Theil des Forstgutsbezirks Tegel, für die Gemeinden Rummelsburg, Lichtenberg, Stralau, Deutsch-Wilmersdorf, Schöneberg, Tempelhof, Rixdorf und Treptow innerhalb der Ringbahn liegend. — Bau-Ordnung für die k. k. Reichshaupt- und Residenzstadt Wien vom 17. Januar 1883 und ihre Nachträge bis 1897. — Münchener Bau-Ordnung vom 29. 7. 1895 nebst Verordnungen für die bayerischen rechtsrheinischen Lande vom 31. 7. 1890 und für die Pfalz vom 30. 8. 1890. — Baupolizeigesetz der Stadt Hamburg 1882 nebst einer Reihe von Nachträgen. — Bau-Ordnung für den Gemeindebezirk der Stadt Frankfurt a. Main vom 27. 3. 1896 in der durch Polizei-Verordnung vom 15. 3. 1901 abgeänderten Fassung. — Polizei-Verordnung vom $\frac{13.\ 10.\ 1891}{2.\ 7.\ 1897}$ betreffend das Bauen in der Aussenstadt Frankfurt a. Main. — Bau-Ordnung für Hannover 9. 12. 1901. — Allgemeines Baugesetz für das Königreich Sachsen 1901. — v. Gruber, Anhaltspunkte für die Verfassung neuer Bauordnungen, Wien 1893. — Stübben, Rheinische Arbeiterwohnungen, Aufsätze im Centralbl. der Bauverw. 1901, No. 85, 86, 101 und andere Stellen herausgegebener Schriften des Vereins „Reichswohnungsgesetz“ in Frankfurt a. Main. — C. J. Fuchs, Neue Untersuchungen über die Wohnungsfrage in Deutschland. — Baltz, Preussisches Bau-Polizeirecht 1900.

a. Allgemeines, insbesondere über offene und geschlossene Bebauung, sowie ländliche Bauten.

Das Bedürfniss nach einer feuersicheren Bauweise unserer Wohnhäuser hat sich im Laufe der Jahrhunderte gesteigert. Während in den eng gebauten Städten bereits am Ende des Mittelalters der Steinbau den Holz- und Fachwerkbau zu verdrängen begann, und auch das Schiefer- und Ziegeldach anstelle des Stroh- und Schindeldaches trat, vollzieht sich dieselbe Wandlung auf unseren Dörfern im Lande theilweise noch jetzt und hat in abgelegenen Gebirgs- und Küstengegenden erst ihren Anfang genommen. In den Städten ist die Gefahr der Entstehung eines Brandes gegen früher durch die wachsende Zahl der Feuerstellen in einem Gebäude, durch die weitergehende Verwendung von künstlichem Licht, durch die Vermischung von Wohnhäusern mit Fabrikanlagen und dergleichen zweifelsohne erheblich gesteigert.

Auf dem Lande machte sich das Bedürfniss nach feuersicherem Bau der Wände und der Anlage „harter“ Dächer hauptsächlich erst geltend, nachdem an die Stelle der Herde ohne Schornstein zunächst der besteigbare Schornstein und in jüngerer Zeit das russische (enge) Rohr getreten ist. Wie Professor Kossmann in seiner Abhandlung über die Bauernhäuser des badischen Schwarzwaldes (Zeitschr. f. Bauwesen 1894) treffend ausführt, bedingte die Freizügigkeit des Rauches in den alten Bauernhäusern, welche noch keinen Schornstein besassen,

keine Feuersgefahr. Die Funken des Herdes wurden durch ein Gewölbe über demselben aufgefangen und am weiteren Aufsteigen gehindert. Der sich frei ausdehnende und schneller erkaltende Rauch jedoch wirkte allmählich auf das Gebälk und Dachholz derartig erhärtend, dass letzteres durch ein schwaches Feuer gar nicht mehr zur Entzündung gebracht werden konnte.

Nachdem jetzt Kamine eingeführt sind, wird es erforderlich, die weichen Dachdeckungsarten, Schindeln, Stroh, Rohr und dergl., gegen die aus dem Schornstein ausgeworfenen Funken zu schützen, die Flächen um den Schornstein herum mit Ziegeln oder Blech zu decken.

Uebrigens wird es sich bei dem Brande eines mit „weicher" Dachdeckung versehenen Hauses in erster Linie darum handeln, zunächst Menschen und Vieh zu retten. Es wird dies dadurch erschwert, dass das vom Dach herabschiessende brennende Deckmaterial die Ausgänge aus dem Hause versperrt. Am zweckmässigsten ist es daher, wenn die Ausgänge nicht an der Traufseite der Dächer, sondern am Giebel, wie bei den alten sächsischen Bauernhäusern, liegen, oder wenigstens ein besonderes kleines Giebeldach über dem Ausgange angebracht ist, wie dies auf den friesischen Inseln von Alters her gebräuchlich war. Ebenso soll es sich bewährt haben, das Strohdach oberhalb der Eingänge nicht mit Weidenruthen, sondern mit Draht an die Dachlatten zu binden. In Mecklenburg ist es Sitte, nachträglich auf den alten Strohdächern oberhalb des Einganges ein engmaschiges Drahtnetz zu befestigen. In Schleswig-Holstein, einem der wenigen Landestheile Deutschlands, in welchen die Anlage neuer Stroh- und Rohrdächer innerhalb geschlossener Dorflagen überhaupt noch baupolizeilich zugelassen wird, ist die Drahtbefestigung des weichen Dachdeckungsmaterials allgemein vorgeschrieben, und die Anlage besteigbarer Schornsteine (nicht russischer Röhren) zur Bedingung gemacht.

Eine weitere Gefahr der weichen Dachdeckungsart liegt in der schnellen und leichten Uebertragung des Feuers von einem brennenden Hause auf das andere. In den meisten Landestheilen ist daher die Neuanlage von weichen Dächern durch Baupolizeigesetz auf ganz für sich gelegene Gehöfte beschränkt, während in geschlossenen Dorflagen selbst die Erhaltung der alten weichen Dächer durch das Verbot grösserer Ausbesserungen erschwert wird. In der Mark Brandenburg sind unter grösseren Ausbesserungen solche zu verstehen, die sich auf mindestens $^1/_6$ des Daches in zusammenhängender Fläche erstrecken.

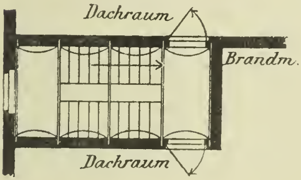
Bei städtischen Bauten wird das Bedürfniss geringerer oder grösserer Feuersicherheit der Gebäude für die frei stehende Villa, das Einfamilienhaus und das städtische Miethhaus sehr ungleich sein. Auch haben sich in den einzelnen Ländern und Provinzen, entsprechend den heimathlichen Baustoffen und der eingebürgerten Bauweise, verschiedene Konstruktionen zur Sicherung der Gebäude gegen Feuersgefahr herausgebildet, welche zumeist durch die baupolizeilichen Vorschriften den Bauenden zur Pflicht gemacht sind. In Mittel- und Süddeutschland sind die auf den Baustoff bezüglichen baupolizeilichen Bestimmungen zumtheil milder als in Preussen, z. B. bezüglich des Massivbaues und der Treppenanlagen, zumtheil schärfer, so bezüglich der Einführung harter Bedachung auf dem platten Lande. Allgemein giltige Regeln aufzustellen wird hiernach kaum thunlich sein. Es ist daher in den nachstehenden Ausführungen auf die verschiedenen Bestimmungen in einzelnen deutschen Grosstädten Bezug genommen, wobei die Städte B e r l i n, W i e n, M ü n c h e n, H a m b u r g, F r a n k f u r t a. Main vorzugsweise berücksichtigt worden sind.

Für die geschlossene städtische Bebauung der genannten Grosstädte und der meisten deutschen Städte bildet die massive Ausführung der Umfassungs- und tragenden Mauern in Stein oder Eisen die Regel. Fachwerkgebäude sollen in Wien nur ausnahmsweise zugelassen, in Berlin, München und Hamburg auf Nebengebäude von 6 m Höhe und bestimmten geringen Grundflächen, in Frankfurt a. M. auf eingeschossige Gebäude ohne Feuerungen beschränkt sein. Abweichend hiervon sind Städte, die ihr eigenthümliches mittelalterliches Gepräge bewahrt haben (wie z. B. Hildesheim) wieder dazu übergegangen, Holzfachwerk in ausgedehnterem Maasse zuzulassen, um nach Möglichkeit zur Erhaltung des malerischen Strassenbildes beizutragen.

Die grösste Gebäudehöhe, welche im Interesse der Feuersicherheit zugelassen wird, liegt zwischen den Grenzen von 20 m in Frankfurt a. M. und 25 m in Wien; Berlin, München und Hamburg stehen mit 22 m bezw. 24 m innerhalb dieser Grenzen. Die Anzahl der übereinander liegenden Geschosse für Vordergebäude ist überall auf höchstens fünf, in Köln auf vier beschränkt. In München dürfen in Strassen, welche nach der offenen (Pavillon-)Bauweise bebaut werden müssen, desgleichen wie bei den Rückgebäuden nur vier bewohnte Geschosse über einander angelegt werden, während in bestimmten Bezirken Wiens durch Gemeinderathsbeschluss die Anzahl der Geschosse beschränkt werden kann.

An den Nachbargrenzen sind Brandmauern anzulegen, die über Dach geführt werden. Grössere Gebäude erhalten auch im Inneren Brandmauern, welche in Berlin mindestens alle 40 m, in Wien alle 30 m anzulegen sind. In Hamburg sind in den Dachgeschossen in Entfernungen von nur 15 m durchgehende Scheidewände anzulegen, welche jedoch auch als geputztes Fachwerk- oder geputzte Brettwände hergestellt werden dürfen. Oeffnungen in Brandmauern werden durch feuersichere Thüren geschlossen, welche gegen feuersichere Anschläge schlagen, und zweckmässigerweise mit Zuwerfvorrichtungen versehen werden. Es empfiehlt sich, die inneren Brandmauern im Anschluss an die Treppenhäuser derartig anzulegen, dass man vom Treppenhaus nach beiden Abschnitten des Dachbodens gelangen kann, weil hierdurch der Feuerwehr mehr Angriffspunkte zur Bekämpfung eines Dachbrandes gegeben werden, Fig. 974.

Fig. 974.



Da die hölzernen Dachgesimse bei geschlossener Bauweise leicht zur Weiterverbreitung eines Brandes Veranlassung geben, so ist die Herstellung dieser Gesimse aus nicht brennbaren Stoffen, wie es in Wien für die ganze Länge der Gebäude vorgeschrieben ist, empfehlenswerth. In Frankfurt a. M. und Berlin ist das Gesims auf wenigstens 1 m Entfernung von der Nachbargrenze, in Hamburg auf die doppelte Länge der Ausladung derartig auszuführen.

Da in Wohnhäusern die Dachräume sowohl hinsichtlich der Entstehung als auch der Uebertragung eines Feuers am meisten gefährdet sind, ist auf die Sicherung von Wohnungen in Dachgeschossen besonderer Bedacht zu nehmen. In Wien ist die Anlage von Dachwohnungen untersagt und nur in Villen und Einfamilien-Häusern gestattet. In Berlin darf der Fussboden des ausgebauten Dachgeschosses, ebenso wie jedes anderen Wohngeschosses, nicht höher als 18 m über der Oberfläche des Bürgersteiges oder des Hofes liegen. Dachwohnräume müssen einen feuersicher abgeschlossenen Zugang zu zwei Treppen oder zu einer unverbrennlichen Treppe erhalten, und von dem Dachboden durch feuersichere Wände geschieden sein. In München und in Frankfurt sind die Bestimmungen für Dachwohnungen ähnlich. In den nach der offenen Bauweise hergestellten Gebäuden zu München dürfen nur 3 Geschosse unter der Dachwohnung liegen. In Frankfurt a. M. muss das Kehlgebälk über der Dachwohnung noch durch einen oberen Fussboden aus unverbrennlichem Stoff geschützt werden. In Altona sind gesonderte Dachwohnungen in sogenannten Etagenhäusern überhaupt nicht zulässig.

Eine Art offener Bauweise mit Zwischenräumen zwischen den einzelnen Häusern hatte sich bereits in den deutschen Städten des Mittelalters eingebürgert. Es handelte sich hier um ziemlich enge Traufgänge, welche die mit dem Giebel nach der Strasse gekehrten schmalen, aber tiefen Häuser von einander trennten, und einerseits zur Aufnahme der beiden Dachtraufen, andererseits zur Anlage von Fensteröffnungen für die Beleuchtung untergeordneter Räume der Häuser dienten. Diese Traufgänge, auch Bauwiche genannt, deren Zugänglichkeit für die Löscharbeiten noch erschwert war, erleichterten das Ueberspringen eines Feuers von einem Hause zum anderen einmal von Dach zu Dach, das andere mal durch Vermittelung gegenüberliegender Fensteröffnungen ganz erheblich. Es war daher im Interesse der Feuersicherheit ein grosser Fortschritt, als sich allmählich in den letzten Jahrhunderten die Anlage der Haustraufen parallel zur

Strasse, und die Herstellung von Brandmauern an der Nachbargrenze einbürgerte und durch Bauvorschriften zur Pflicht gemacht wurde.

Erst in neuerer Zeit sind die Bestrebungen dahin gerichtet, namentlich in den Vororten und Vorstädten grösserer Städte, die offene Bauweise mit weiten Hausabständen zu schaffen. Es ist hierbei Absicht, bessere Lüftung und Beleuchtung der an allen Seiten von Luft umspülten Häuser zu erzielen. Namentlich in einzelnen westdeutschen und süddeutschen Städten wurde bereits längere Zeit eine derartige offene Bebauung durch die Baupolizeivorschriften begünstigt. So betrug der Bauwich in Frankfurt a. M. nur 2,5 m, derselbe war auch für den Nachbar verbindlich und musste in der Regel wenigstens an einer Seite des Hauses angelegt werden. In München ist die offene Bauweise für eine gewisse Zahl von Strassen vorgeschrieben. Für diese sogen. Pavillonbauten ist die Länge der Gebäude und der Gebäudegruppen auf 45 m beschränkt und müssen die Abstände zwischen letzteren mindestens 7 m betragen. Für eine kleinere Fläche von Münchener Stadttheilen ist die Frontlänge der Gebäude und Gebäudegruppen sogar auf 30 m beschränkt und die Breite der Zwischenräume auf mindestens 10 m vorgeschrieben. In Stuttgart und Hannover hat sich die offene Bauweise, ohne dass diese besonders vorgeschrieben ist, in hohem Maasse eingebürgert. Förderlich war dabei der Umstand, dass bereits in einer Entfernung von 2,87 m (in Hannover noch weniger) von der Nachbargrenze Fensterwände zulässig sind.

In Wien hat sich der Gemeinderath vorbehalten, wenigstens für einzelne Gebietstheile die Art der Verbauung dahin zu regeln, dass die Häuser in geschlossenen Fronten, mit oder ohne Vorgärten, oder einzeln stehend errichtet werden. Auch wird der zwischen den einzelnen Gebäuden mindestens zu belassende Zwischenraum, endlich die geringste und grösste Höhe und die Geschosszahl der Häuser besonders festgesetzt. Andererseits werden für solche Gebäude, die gewöhnlich nicht mehr als 2 Geschosse über dem Erdgeschoss erhalten, Erleichterungen zugestanden. Dieselben beziehen sich auf die Verwendung von Fachwerk zu den Aussenwänden, desgl. von Betonmauern, sowie die Anlage von Dachwohnungen.

Diese Bestrebungen auf Einführung offener Bauweise haben in neuester Zeit einen grösseren Umfang angenommen. Ihre Durchführung wird gefördert, wenn für diejenigen Stadtviertel, in welchen Häuser mit einer geringeren Geschosszahl und in Abständen von einander errichtet werden, Erleichterungen hinsichtlich der Zulässigkeit weniger feuersicherer Bauweisen gewährt werden. Desgleichen ist es förderlich und liegt zugleich im Interesse der Gesundheit und der Feuersicherheit, die Breite des Bauwichs von der Gebäudehöhe abhängig zu machen. So ist in der Bauordnung für die Vororte Berlins die Breite des Bauwichs (d. i. der Abstand von der Nachbargrenze) zu 6 m, 5 m, 4 m oder 3 m vorgeschrieben, je nachdem es sich um Baugelände der Klasse I mit 4 Geschossen und 18 m grösster Höhe, um Baugelände II. Klasse mit 3 Geschossen und 15 m grösster Höhe, um Landhausviertel mit zweigeschossigen Gebäuden, oder um Kleinbauten bis zu 9 m Höhe handelt. Für Landhausviertel ist zugleich die Ausführung des obersten Geschosses und des Dachgeschosses in Fachwerk zulässig erklärt. Auch die neue Bau-Polizei-Ordnung für die Aussenviertel von Frankfurt a. M. gestattet Fachwerkwände unter gewissen Bedingungen für Landhäuser in Wohnvierteln, ebenso theilweise Holzverkleidungen von Dachausbauten, hölzerne Veranden und dergleichen. Aehnliche Erleichterungen sind in den neuen Bau-Polizei-Ordnungen von Altona und Lübeck vorgesehen. Da dieselben in letzterem Orte seit 1881 bestehen und zu Gefahren bei Feuersbrünsten nicht Veranlassung gegeben haben, können diese Erleichterungen als durchaus unbedenklich angesehen werden.

Noch weiter gehende Abstufungen hinsichtlich der an die Feuersicherheit der Gebäude zu stellenden Anforderungen sind in der Bauordnung von Oldenburg gemacht. Hier werden Gebäude mit grosser Gefahr, Gebäude mit mittlerer Gefahr und solcher mit geringer Gefahr unterschieden, und zu ersteren die gewerblichen Anlagen mit grösseren Feuerungen, mit Futterräumen, die Holzwerkstätten, die Versammlungssäle, die Schulen usw. gerechnet, während zu den Gebäuden mit mittlerer Gefahr die gewöhnlichen Wohnhäuser und gewerblichen Anlagen mit kleinen Feuerungen, zu den Bauten mit wenig Gefahr die Gebäude ohne Feuerstätten zählen.

Es ist selbstverständlich, dass eine derartige Abstufung in der feuersicheren Bauweise der Gebäude nach ihrer Gefährdung nur in kleineren oder mittleren Städten zweckmässig ist, in welchen die Benutzung der Gebäude nicht häufigem Wechsel unterliegt. Für grössere und Grosstädte dagegen wäre es im gesundheitlichen wie sicherheitlichen Interesse wichtiger, grössere Fabrikanlagen und gefährlichere Betriebe möglichst getrennt von den Wohnvierteln in besondere Fabrikviertel zu verlegen. Dahingehende Bestrebungen dringen immer mehr in weitere Kreise, sie sind zumtheil schon durch die Staffelbauordnungen von Wien, München, Frankfurt, Köln, Düsseldorf, Hannover, Halle und anderen Städten, ferner durch das allgemeine Baugesetz für das Königreich Sachsen angebahnt bezw. zur Durchführung gelangt, ebenso wie durch die Baupolizeiordnung für die Vororte Berlins besondere Einschränkungen hinsichtlich der Anlage von Fabriken innerhalb der Wohn- und Landhausviertel festgelegt worden sind. Desgleichen soll in Stuttgart (Stadterweiterung, volkswirthschaftliches, hygienisches und künstlerisches Gutachten des Stadtschultheissenamtes 1901) eine abgestufte Bauordnung bezüglich Geschäfts-, Industrie-, Wohn- und Landhausviertel thunlichst im Voraus festgelegt werden. Daselbst wird die offene Bauweise an steilen Berglehnen beibehalten, während für Geschäfts- und Verkehrsstrassen geschlossene Bauweise vorgesehen ist. Beim Ausbau neuer Strassen sollen die Strassen für kleine und mittlere Wohnungen denjenigen für Villen vorangehen. Mannichfaltig sind die Ziele zur Lösung der Wohnungsfrage, sie seien an dieser Stelle nur gestreift. Um dem Wohnungsbedürfniss der minder bemittelten Bevölkerungsklassen am besten zu genügen, gehen die Vorschläge einerseits dahin, Förderung des Baues von Kleinwohnungen, Einschränkung des Miethkasernensystems, weiträumige Bauweise in der Stadterweiterung; andererseits wird vorgeschlagen Anlage in halboffener Bauart durch Baublöcke von geringer Tiefe (50^{m}) mit offenen Stirnseiten, aber mit dreistöckiger geschlossener Bebauung an den Langseiten. Nussbaum empfiehlt, das Innere der Blöcke grundsätzlich durch Festsetzung rückwärtiger Baulinien freizuhalten, ferner Verbot kleiner Einzelhöfe, völlig geschlossene Umbauung der Blocks zur Schaffung kleiner und mittlerer Wohnungen, Eintheilung grosser Blöcke in verbesserte „Wohnhöfe“. Wie Baumeister mit Recht hervorhebt, muss bei geschlossener Bauweise umsomehr für weiträumige Regelung des Blockinneren, für Licht und Luft zu allen Hinterstuben und Hinterbauten gesorgt werden. Desgleichen strebt man eine Erleichterung der Bauordnungsvorschriften für kleine Wohnungen an, die nicht ohne Einfluss auf die Abstufungen in der feuersicheren Bauweise bleiben werden.*)

b. Behandlung einzelner Einrichtungen und Konstruktionen.

α. Decken.

Die Trennungs-Decken mehrgeschossiger Gebäude sollen zugleich verhindern, dass ein ausbrechendes Feuer sich ohne weiteres von einem Geschoss auf das darüber und darunter liegende verbreitet. In einfachen Wohnhäusern ohne feuergefährlichen Inhalt wird eine geputzte und gestaakte Balkendecke im allgemeinen genügenden Schutz gegen Uebertragung des Feuers bieten, und ist daher ihre Ausführung allgemein baupolizeilich gestattet. In Berlin wie in München wird auf das Putzen der Unterseiten so grosser Werth gelegt, dass dasselbe auch für Decken mit Holztäfelbekleidung gefordert wird. Auch soll die Staakung zwischen den Balken in der Stärke von mindestens 13^{cm} mit unverbrennlichem Material ausgefüllt werden. In Wien sind zwischen Keller und Erdgeschoss keine hölzernen Decken zulässig, in Berlin vermeidet man sie freiwillig, um der Schwammbildung vorzubeugen; ebenso muss in Wien die Decke des obersten Geschosses feuersicher belegt und so stark hergestellt werden, dass sie dem bei einem Dachbrande auffallenden Dachgehölz und Mauerwerk genügenden Widerstand zu leisten vermag; auch sind die Bestandtheile des Dachstuhles von der obersten Deckenkonstruktion

*) Vergl. „Die Stuttgarter Stadterweiterung“, Dtsche. Bauztg. 1902, S. 86.

vollständig zu isoliren. Diese Bestimmung macht die (auch sonst in Wien nicht zulässige) Anlage von Dachwohnungen unmöglich. In München, wie Strassburg wird zur Erhöhung der Feuersicherheit und möglichsten Abwendung der bei Dachstuhlbränden auftretenden Wasserschäden für alle bewohnten Gebäude ein Belag der Dachbalkenlage mit feuersicheren Stoffen gefordert. Weiter sind dort die unter Wohnräumen befindlichen Keller, Stallungen, Futterräume, Waschküchen, sowie Räume mit starken Feuerungen zu überwölben. In Hamburg dürfen Balkendecken in Räumen von mindestens 2,5 m Höhe auch unverputzt zugelassen werden.

Die Ausführung eines Gipsestriches als Fussboden in den nicht ausgebauten Räumen des Dachgeschosses empfiehlt sich der grösseren Feuersicherheit wegen auch da, wo die baupolizeilichen Vorschriften dies nicht fordern. Mehrkosten entstehen kaum, da der Gipsestrich auch auf einer gestaakten Balkendecke hergestellt werden kann. Behufs Vermeidung von Schwammbildung ist jedoch darauf zu achten, dass der Gipsestrich erst aufgebracht wird, nachdem das Holzwerk der Balken genügend ausgetrocknet ist. Die alten Hildesheimer Bauten (u. a. Knochenhaueramtshaus) haben stets grosse Widerstandsfähigkeit gegen Feuer gezeigt. Die wenigsten sind ihm zum Opfer gefallen. Dies ist neben der festen Beschaffenheit des Eichenholzes am meisten der früheren ausgiebigen Verwendung von Lehm zuzuschreiben, der zur Ausstaakung der Balkenfache mittels Windelhölzer und zum Wand- und Deckenputz als Strohlehm in grosser Stärke verwendet wurde. Der dicke Lehmschlag über den Decken und der in den alten Häusern Mitteldeutschlands gern verwandte Gipsfussboden verhinderten, dass sich ein Brand von einem Stockwerk auf das andere übertrug (vergl. Denkmalpflege 1901, Seite 121). Der Lehmputz ist noch in verschiedenen hannoverschen Städten gebräuchlich. In Berlin wird vermuthlich die alte gute Technik in der Herstellungsweise des Lehmputzes verloren gegangen sein, und es beruhen wohl auf minderwerthiger Arbeit die üblen Erfahrungen, welche zu einem Verbot des Lehmputzes im § 11 der Bauordnung leider geführt haben.

β. Scheidewände.

Nicht tragende Scheidewände müssen in Wien massiv und mindestens 15 cm stark ausgeführt werden. Innerhalb einer Wohnung können jedoch geputzte Bretter- oder Riegelwände verwendet werden. In München ist Riegel- oder Fachwerk vorgeschrieben. Ausserdem sind Wände aus unverputztem Lattenwerk oder ähnlichem Material bedingungsweise zugelassen. In Berlin dürfen die nichtbelasteten Scheidewände aus Eisenblech, Drahtputz, Gipsdielen oder ähnlichen Stoffen hergestellt und unmittelbar auf Balken gesetzt werden. Holzscheidewände sind in Berlin, Hamburg, Frankfurt a. M. zulässig, in Berlin jedoch nur, sofern beiderseitig geputzt, wobei etwaige Hohlräume mit unverbrennlichen, für die Gesundheit unschädlichen Stoffen ausgefüllt werden müssen.

Neben Feuerungen müssen die Scheidewände auch in Frankfurt a. M. massiv gemauert werden. In München sind offene Feuerstätten nur neben massiven Mauern zu errichten, während das Mauerwerk neben geschlossenen Feuerungen in 1 m Entfernung massiv herzustellen ist. In Berlin müssen Wände in begrenzter Nähe der Feuerherde aus unverbrennlichen Baustoffen hergestellt werden. Für eiserne Oefen ist ein bestimmter Abstand von verputzter Holzwand erforderlich.

γ. Treppen.

Die Vorschriften über die Anlage von Treppen sind in den verschiedenen Städten vielfach abweichend, stimmen jedoch darin überein, dass die Anzahl und Feuersicherheit der Treppen mit der Höhe des obersten bewohnten Geschosses über Strasse zu vermehren ist, ebenso mit der Gebäudegrösse und der Anzahl der Wohnungen. In Berlin gilt eine Treppe als „unverbrennlich“, deren tragende Theile, Tritt- und Futterstufen massiv oder in Eisen hergestellt sind. Die aus Natur- und Kunststeinen bestehenden Podeste müssen durch Eisen- oder Mauerbögen unterstützt werden. Die Unteransicht der Granitstufen muss für Geschäfts- und Fabrikgebäude in der Regel gluthsicher ummantelt werden.

Jedes nicht zu ebener Erde liegende Geschoss muss mindestens durch eine Treppe zugänglich sein; liegt der Fussboden des obersten Geschosses höher als 7,0 m, so sind mindestens zwei in gesonderten Räumen liegende Treppen oder eine unverbrennliche Treppe erforderlich; diese letztere Forderung wird für zum dauernden Aufenthalt von Menschen bestimmte wirthschaftlich gesondert benutzte Gebäudetheile stets gestellt, selbst für den Fall, dass die Fussbodenhöhenlage weniger als 7,0 m beträgt. Wenn der oberste Fussboden über 11,0 m hoch liegt, soll nur im Ausnahmefall eine unverbrennliche Treppe genügen. Diese Ausnahme wird nur bei Gebäuden von geringer Baufläche zugelassen, sowie gleichzeitig zur Bedingung gemacht, dass die Treppe nicht bis ins Kellergeschoss hinuntergeführt wird. Im übrigen muss jeder Punkt des Gebäudes auf 30 m Entfernung von der Treppe aus erreichbar sein. Je nach Umständen wird dies Maass eingeschränkt bis auf 20 m. Jede Wohnung muss Zugang zu zwei getrennten Treppen oder zu einer feuerfesten Treppe haben. Das Treppenhaus ist mit massiven Wänden, auch im Dachgeschoss zu umschliessen und feuersicher abzudecken. Als geringste Treppenbreite ist 1 m festgesetzt. Als sicher gangbar wird die Treppe angesehen, wenn das Steigungsverhältniss nicht grösser ist als 18 zu 26 cm.

In Wien müssen feuersichere Treppen für jede Wohnung angelegt werden, und wird je nach der Ausdehnung des Gebäudes die Herstellung einer oder mehrerer feuersicherer Haupttreppen verlangt. Bei mehrgeschossigen Gebäuden muss die Breite der Haupttreppe in den oberen Geschossen mindestens 1,10 m, in den unteren mindestens 1,25 m im Lichten betragen. Das grösste erlaubte Steigungsverhältniss für Haupttreppen ist 16 zu 29 cm.

In München sind hölzerne, auf der Unterseite geputzte Haupttreppen zwischen massiven Wänden zulässig. Unverbrennliche Treppen werden nur für Versammlungsgebäude, mehrgeschossige Fabrikgebäude, Theater und Wohngebäude mit vier bewohnten Geschossen über dem Erdgeschoss verlangt.

In Hamburg genügen ausgemauerte Fachwerkwände als Umfassungsmauern der Treppen; die Treppe muss jedoch aus Stein hergestellt werden, wenn sie den alleinigen Zugang zu mehr als sechs Wohnungen bildet. Etagenhäuser erhalten auf der Unteransicht der hölzernen Treppen Rohrputz.

In Frankfurt a. M. müssen dreigeschossige Häuser eine feuersichere oder zwei Treppen erhalten. Jeder bewohnte Raum darf von der Treppe höchstens 20 m entfernt liegen; geringste Treppenbreite ist 1,20 m. Die Verwendung von freitragenden Granitstufen ist verboten.

Im allgemeinen ist bei der Anlage der Treppen zu beachten, dass diese die natürlichen Rettungswege beim Brande des Hauses sind, und andererseits ein Feuer, welches das Treppenhaus erreicht hat, vom letzteren „angezogen“ wird, so dass die Treppe durch das Eindringen von Rauchgasen und die Stichflamme bald unbegehbar gemacht ist. Bei einem Dachboden-Brande ist die Gefahr für das Treppenhaus geringer. Hier wird die massive Umschliessung des Treppenhauses, sowie die feuersichere Abdeckung desselben durch geputzte Decken und einen Eisenbeschlag der Bodenthüren selbst für einen weit vorgeschrittenen Brand genügende Sicherheit bieten. In den Wohngeschossen wird die Herstellung feuersicherer Thüren zwischen Wohnung und Treppenhaus selten ausführbar sein, da in den meisten Fällen das Treppenhaus zur Beleuchtung der Wohnungsflure dienen muss. Die Kellerräume eines Hauses sollten jedoch, selbst wenn sie nur zu Wirthschaftszwecken dienen, stets mit festen Bohlenthüren vom Treppenhaus abgeschlossen werden, was im übrigen auch in gesundheitlicher Beziehung zweckmässig ist. Werden Keller zu Lagerzwecken benutzt, wie dies in den Geschäftsstrassen grosser Städte viel üblich ist, so sind diese Abschlüsse feuersicher herzustellen. Besser ist es, die Lagerkeller von den Treppenhäusern vollständig massiv abzuschliessen und für dieselben besondere Zugänge von der Strasse oder dem Hofe aus anzulegen. Sind Wohnungen von einer Haupt- und einer Nebentreppe zugänglich, so wird ein Bedürfniss zur Herunterführung der Haupttreppe zum Keller auch nur selten vorliegen.

Besonders gefährlich für die „Verqualmung“ eines Treppenhauses ist die Lage desselben neben einem Lichthofe, welcher zugleich dem Treppenhause und

den Nebenräumen der Wohnungen Licht und Luft zuführt, noch ungünstiger, wenn an der unteren Hälfte dieses Lichthofes Lagerräume oder Werkstätten angeordnet sind.

Ist es nicht zu vermeiden, an derartigen Lichthöfen in den unteren Geschossen Läden und Werkstätten mit Fensteröffnungen zu versehen, so sollte wenigstens eine feste Verglasung gewählt werden, welche dem Feuer längere Zeit Widerstand leistet, am sichersten Siemens'sches Drahtglas, Ebenso verlangt die Einrichtung von Tischlereien und anderen gleich feuergefährlichen Werkstätten, sowie die Anordnung von Lagerräumen zur Aufnahme feuergefährlicher Waaren in Wohngebäuden, dass sämmtliche oberhalb belegenen Wohnungen mindestens einen, mit den betr. Betriebsstätten ganz ausser Berührung stehenden Treppenzugang haben und durch feuerfeste Decken von den Arbeitsstätten und Lagerräumen getrennt sind.

δ. Deckendurchbrechungen.

Ausser den Treppen durchbrechen auch Lichtschachte, Aufzugschachte und Entlüftungsrohre die einzelnen Decken der Miethhäuser und können als Leiter des Feuers von einem Geschoss zum anderen die Feuersgefahr vermehren.

Lichtschachte sind, soweit dieselben nicht allein dem obersten Geschoss Licht zuführen und somit nur das Dach durchbrechen, in sämmtlichen Geschossen mit massiven Wänden zu umschliessen. Durchbrechen die Lichtschachte dagegen nur den Dachraum, so genügt es, die Schachte im Dachraume mit Wellblech oder sonst einem unverbrennlichem Baustoff zu ummanteln. Nach den neueren ungünstigen Erfahrungen, welche mit unbekleidetem Metall gemacht wurden, sind Rabitz- oder Monier-Wände zu diesem Zwecke jedenfalls vorzuziehen. Werden in Wohnhäusern Aufzüge angelegt, so wird bei grösseren Personenaufzügen es in der Regel möglich sein, dieselben innerhalb der Treppenhäuser anzuordnen, in welchem Falle von einer feuersicheren Umschliessung Abstand genommen werden kann. Für kleinere Aufzüge, wie Speisenaufzüge und dergleichen, welche in den Wohnräumen selbst liegen, genügt eine Ummantelung der Schachte mit unverbrennlichem Material. Ebenso ist es ausreichend, wenn Schlote und Röhren, die zur Lüftung dienen, mit Metall bekleidet oder mit einem unverbrennlichen Material ummantelt werden.

ε. Feuerstellen und Schornsteine.

Neben der künstlichen Beleuchtung sind die Feuerstellen und Schornsteine vielfach die Ursachen von Bränden in Wohngebäuden. Die Isolirung der Schornsteinwangen von den Balkenlagen geschieht in Berlin und Norddeutschland meistens durch doppelte, in Lehm gelegte Dachsteinschichten. In Frankfurt a. M. sind hierzu 12 cm breite Rollschichten vorgeschrieben. Wenn Rauch aus den Fussböden dringt, ist anzunehmen, dass Undichtigkeit innerhalb der Balkenlage besteht. Man untersucht alsdann den Schornstein dadurch, dass derselbe oben verstopft und am Fusse ein Feuer aus Stroh oder Papier angezündet wird. Die Reinigungsöffnung am Fusse des Schornsteins muss so angebracht sein, dass sich kein Sack bildet. Besondere Vorsicht ist bei der Anlage von Schornsteinreinigungs-Oeffnungen im Dachgeschoss anzuwenden. Ist die Reinigung der Schornsteine vom Dache aus durch Anlage von Laufbrettern nicht durchführbar, so sind die Reinigungsöffnungen im Dach jedenfalls nicht in Dachverschlägen, sondern leicht erreichbar anzuordnen. Holzwerk sowie Dielung in der Nähe dieser Thüren ist zweckmässig mit Blech zu beschlagen, wie dies in Wien vorgeschrieben ist. Auch ist (vergl. Seite 358) die Herstellung eines Gipsestrichs als Fussboden eines Dachgeschosses sehr zu empfehlen. Das Aeussere des Schornsteinkastens im Dachgeschoss ist durchweg zu putzen oder zu berappen. Vielfach wird eine Verstärkung der Schornsteinwange an der Durchführung des Schornsteins durch die Dachfläche angeordnet, welche oberhalb der Dachfläche als Sockel wieder absetzt. Dieselbe bildet nicht nur eine Isolirung des Holzwerkes der Sparren und der Dachschalung, sondern vermehrt zugleich die Standfestigkeit, Fig. 975.

Die gewöhnliche Herstellung der Schornsteinkästen im Mauerwerk mittels des sogen. Schornsteinverbandes (vergl. Fig. 976a und b) hat den Nachtheil, dass der Verband eine grosse Zahl von Stossfugen zeigt, von denen einige sich von der inneren Wangenwand unmittelbar nach den angrenzenden Räumen öffnen. Die Stossfuge ist aber gegen das Durchlassen der Verbrennungsgase viel weniger sicher als die Lagerfuge. Die zur Reinigung des rechteckigen Rohres übliche Verwendung des Kreuzbesens mit frei hängender Kugel ist für die Erhaltung der Dichtigkeit der Rohrwange gleichfalls wenig vortheilhaft, da die Kugel im Auf- und Niedergange allerorten anschlägt und das Mauermaterial beansprucht. Reg.-Baumstr. Engelbrecht hat zur Abstellung dieser Uebelstände in No. 8, Jahrg. 1893, des Centralbl. der Bauverwaltung in Vorschlag gebracht, bauchige Querschnitte für das Rauchrohr zu verwenden und die Wandungen aus Formsteinen nach Fig. 977a—c derartig herzustellen, dass Stossfugen überhaupt nicht unmittelbar vom Rohr nach den Aussenflächen der Mauer führen. Gleichzeitig

Fig. 975.

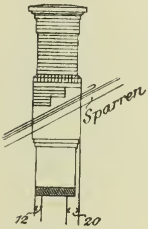


Fig. 976a u. b.

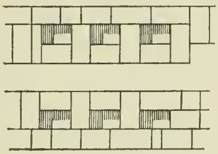


Fig. 977.

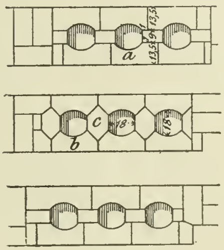


Fig. 978.

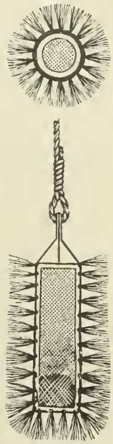
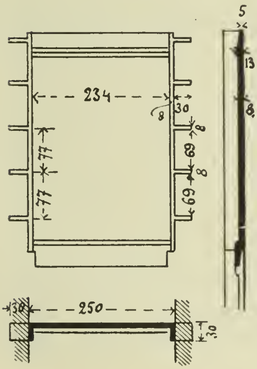


Fig. 979a—c.



empfiehlt derselbe, anstelle der frei pendelnden Kugel des Schornsteinfegers das Gewicht als Kern eines Drahtgehäuses anzuordnen, welches gleichzeitig als Träger der Borsten dient, Fig. 978. So einleuchtend die Vortheile dieser Anordnung auch erscheinen, wird die landläufige Herstellung der Schornsteinrohre sich voraussichtlich sehr schwer verdrängen lassen, es sei denn, dass durch schärfere baupolizeiliche Vorschriften der alte Schlendrian allmählich verdrängt wird.

Namentlich in den Gebäuden der Militär-Bauverwaltung war es lange Zeit vielfach üblich, dicht nebeneinander liegende Rauch- und Lüftungsrohre nur durch eiserne Wangen von einander zu trennen. Die hierbei meist verwendete Konstruktion einfacher gusseiserner Platten, welche in einen Falz der gemauerten Wangen hineingreifen, erfordert das Einhauen von Nuthen in die Ziegelsteine der Wangen, was bei $1/2$ Stein starken Wangen recht bedenklich ist. Die rheinische Provinzialverwaltung verwendet Zungen nach Fig. 979a—c, bei welchen seitlich Leisten, die genau in die Lagerfugen passen, angegossen sind. Hierdurch wird das Zuhauen der Ziegelsteine unnöthig gemacht. Diese Zungen haben sich in mehrjähriger Praxis gut bewährt.

Gegen ungerippte Zungen aus Gusseisen ist auch das Bedenken geltend zu machen, dass sie von der Kugel, die der Schornsteinfeger gebraucht, leicht durchschlagen werden. Dasselbe Bedenken greift vielleicht Platz bei Schornsteinrohren, die aus glasirten Thonrohren mit rundem oder viereckigem Querschnitt hergestellt sind.

Hinsichtlich der Isolirung der Feuerherde (Koch- und Waschherde) von den Decken lassen die Berliner Vorschriften zwei Ausführungsweisen zu. Entweder müssen die Decken unter den Herden einschliesslich des Fussbodens durchweg aus

unverbrennlichem Baustoff bestehen, oder es muss unter den auf unverbrennlichen Füssen ruhenden Herden ein Luftraum von mindestens 15 cm und höchstens 20 cm freigehalten werden. Der Fussboden unter den Herden ist durch eine 5 cm starke Massivschicht auf 1 mm starker Eisenplatte zu schützen. Eisenplatte und Massivschicht müssen 5 cm über den Rand der Herde vortreten.

Für Ofenfeuerungen genügt eine 5 cm starke massive Unterlage und Luftschicht über letzterer. In München müssen Zimmeröfen, wie geschlossene Herde, auf gemauerten Sockeln erbaut werden oder eiserne auf doppeltem Steinbelag ruhende Gestelle erhalten. Aehnlich sind die Bestimmungen in Frankfurt a. M. und in Hamburg.

Durch Anlage von Zentralheizungen wird die Feuersgefahr vermindert, da die Anzahl der Feuerstellen geringer ist. Jedoch ist bei Dampfheizungen und Heisswasserheizungen auf Isolirung des Holzwerks von den Heizrohren Bedacht zu nehmen. Es ist zweifellos nachgewiesen, dass Dampfrohre, welche Dampf von ganz geringer Spannung enthalten und ohne Isolirung durch Balkenlagen geführt werden, letztere entzünden können.

Zur Erhöhung der Feuersicherheit ist die Umgitterung der Heizkörper und Rohrleitungen in feuergefährlichen Betrieben zweckmässig. Ferner ist bei allen Wasserheizungen für die Sicherung der Heizrohre gegen Frost Sorge zu tragen. Friert das Hauptsteigerohr einer Warmwasserheizung ein, und wird so dieses Rohr durch das Eis verstopft — ohne zu zerspringen — so wird bei Anfeuerung des Heizkörpers Dampf erzeugt und ist, da das Expansionsgefäss von der Feuerung abgeschnitten ist, der Dampf somit nicht entweichen kann, und der Dampfdruck sich steigert, eine Explosion des Heizkörpers unvermeidlich. Das sicherste Mittel gegen das Gefrieren der Heizröhren bei starker Kälte ist die Unterhaltung des Heizbetriebes auch während der Nachtzeit.

ζ. Blitzableiter.

Die Blitzgefahr hat sich in ganz Deutschland nachweislich der statistischen Aufnahmen der Feuerversicherungs-Gesellschaften in den letzten Jahrzehnten insofern vermehrt, als die Zahl der Blitzschläge in dem Zeitraum 1850—1880 etwa um das dreifache gestiegen ist. Nach neueren statistischen Ermittelungen hat sich jedoch ergeben, dass in den grösseren Städten die in immer steigender Ausdehnung erbauten Telephonanlagen mit ihren zahlreichen Erdableitungen die Blitzgefahr in diesen Städten wesentlich vermindert haben, so dass ein zündender Blitzschlag in Berlin z. B. heut zu den Seltenheiten gehört. In Berlin wird die Anlage eines Blitzableiters in Verbindung mit den eisernen Fahnenstangen, sowie für Theater, hohe Schornsteine, Thurmspitzen usw. vorgeschrieben. Während nach der vom „Verband der deutschen Architekten- und Ingenieur-Vereine" veranstalteten Ermittelung es als durchaus zweckmässig und nothwendig bezeichnet wird, die Endleitungen der Blitzableiter an die grossen Eisenmassen der Strassenleitungen für Gas und Wasser anzuschliessen, wird vielfach von den Stadtgemeinden als Eigenthümerinnen des Strassengrundes die Herunterführung der Blitzableiter verboten, um die unter dem Bürgersteig liegenden Leitungen für Gas, Wasser und Elektrizität zu sichern. Nöthigenfalls müssen die Blitzableiter an der Hoffront hinabgeführt werden.

Berlin und Hannover aber sind dazu übergegangen, den Anschluss an die Leitungsanlagen der Gas- und Wasserleitungen unter Beachtung gewisser Vorschriften zu gestatten. (Bedingungen für den Anschluss von Blitzableitungen ausserhalb der Häuser nach der öffentlichen Strasse, in Höfen oder Gärten an das Rohrnetz der städtischen Gas- und Wasserwerke in Berlin 6. Septbr. 1897: Sorgfältige Instandhaltung, besondere unabhängige Erdleitung, Sicherung der Gasmesser, Zahlung einer Gebühr usw.)

Der Schutz, den ein Blitzableiter gewährt, ist um so sicherer, je vollkommener alle dem Einschlag ausgesetzten Stellen des Gebäudes durch Auffangevorrichtungen geschützt, je grösser die Zahl der Gebäudeleitungen und je reichlicher bemessen und besser ausgearbeitet die Erdleitungen sind. Es tragen aber auch schon metallene Gebäudetheile von grösserer Ausdehnung, insbesondere solche, welche von den höchsten Stellen zur Erde führen, selbst wenn sie ohne Rücksicht auf den Blitz-

schutz ausgeführt sind, in der Regel zur Verminderung des Blitzschadens bei. Abgesehen von sorgfältigster Ausführung ist auch eine regelmässig wiederkehrende Prüfung des Blitzableiters erforderlich. Eine solche Prüfung und Beaufsichtigung der Blitzableiter der Privatgebäude wird als zweckmässig und sicher nur durchgeführt werden können, wenn diese Arbeiten planmässig in grösseren Städten und Landestheilen von denselben Beamten vorgenommen werden. In dankenswerther Weise hat die Landesdirektion von Schleswig-Holstein, einem Landestheil, der wegen der Nähe zweier Meere besonders stark von Gewittern heimgesucht wird, die Prüfung der Blitzableiter in der ganzen Provinz durch besondere Aufsichtsbeamte einheitlich geregelt. Desgleichen sind polizeiliche Bestimmungen in der Provinz Sachsen für das platte Land erlassen.

Ausführlicheres findet sich in den Werken von Dr. M. Meidinger 1899, von F. Findeisen 1899, von M. Lindner 1901 sowie in den Leitsätzen des Elektr. Vereins und Normativbestimmungen für die Anlage von Blitzableitern der kgl. sächsischen Landes-Brandversicherungs-Anstalt.

η. Beleuchtung.

Hinsichtlich der künstlichen Beleuchtung von Wohnhäusern wird auf die Mittheilungen unter II, Sicherungen für Geschäftshäuser usw. Bezug genommen. Die dort beschriebenen Sicherungs-Vorkehrungen werden, soweit dies erforderlich ist, auch für Wohnhäuser Anwendung zu finden haben.

II. Sicherungen für Geschäftshäuser, Waarenhäuser, Fabriken, Lagergebäude und gewerbliche Anlagen.

Litteratur: Die unter I genannten Bauordnungen. — Die Gewerbeordnung für das Deutsche Reich und die dazu ergangenen zahlreichen Nachträge und Ausführungs-Vorschriften. — Sammlung der Polizei-Verordnungen für Berlin 1901. — Bekanntmachung des Reichskanzlers betr. allgemeine polizeil. Bestimmungen über die Anlegung von Dampfkesseln vom 25. August 1890. — Runderlass der preussischen Ministers der öffentl. Arbeiten und des Inneren vom 6. 5. 1901 betr. Bestimmungen für die Feuersicherheit von Waarenhäusern, Geschäftshäusern usw. — Handbuch der praktischen Gewerbehygiene von Dr. Albrecht 1894. — Garbe, Die Feuersicherheit der Waarenhäuser 1900. — Dr. v. Ritgen, Ueber die Feuersicherheit der Bauten 1901.

a. Gesetzliche Bestimmungen.

Die Gewerbeordnung für das Deutsche Reich schreibt im § 16 vor, dass zur Errichtung von Anlagen, welche durch die örtliche Lage oder die Beschaffenheit der Betriebsstätte für die Besitzer oder Bewohner der benachbarten Grundstücke oder für das Publikum überhaupt erhebliche Nachtheile, Gefahren oder Belästigungen herbei führen können, die Genehmigung der nach den Landesgesetzen zuständigen Behörde erforderlich ist. Es gehören dahin:

Schiesspulverfabriken.
Anlagen zur Feuerwerkerei und zur Bereitung von Zündstoffen aller Art.
Gasbereitungs- und Gasbewahrungs-Anstalten.
Anstalten zur Destillation von Erdöl.
Anlagen zur Bereitung von Braunkohlentheer, Steinkohlentheer und Koks, sofern sie ausserhalb der Gewinnungsorte des Materials errichtet werden.
Glas- und Russhütten, Kalk-, Ziegel- und Gipsöfen.
Anlagen zur Gewinnung roher Metalle.
Rostöfen.
Metallgiessereien, sofern sie nicht blosse Tiegelgiessereien sind.
Hammerwerke.
Chemische Fabriken aller Art.
Schnellbleichen.
Firnissiedereien.
Stärkefabriken, mit Ausnahme der Fabriken zur Bereitung von Kartoffelstärke.
Stärkesyrupfabriken.
Wachstuchfabriken.
Darmsaitenfabriken.
Dachpappenfabriken.
Dachfilzfabriken.
Stauanlagen für Wassertriebwerke.
(§ 23) Hopfen-Schwefeldörren.
Asphaltkochereien und Pechsiedereien, soweit sie ausserhalb der Gewinnungsorte des Materials errichtet werden.
Strohpapierstoff-Fabriken.
Darmzubereitungs-Anstalten.
Fabriken, in welchen Dampfkessel oder andere Blechgefässe durch Vernieten hergestellt werden.
Kalifabriken.
Anstalten zum Imprägniren von Holz mit erhitzten Theerölen.
Kunstwolle-Fabriken.
Anlagen zur Herstellung von Celluloid.
Degrasfabriken.
Die Fabriken, in welchen Röhren aus Blech durch Vernieten hergestellt werden.
Anlagen zur Erbauung eiserner Schiffe, zur Herstellung eiserner Brücken oder sonstiger eiserner Baukonstruktionen.
Anlagen zur Destillation oder zur Verarbeitung von Theer und von Theerwasser.
Anlagen, in welchen aus Holz oder ähnlichem Fasermaterial auf chemischem Wege Papierstoff hergestellt wird (Cellulosefabriken).

Leim-, Thran- und Seifensiedereien.
Knochenbrennereien.
Knochendarren.
Knochenkochereien und Knochenbleichen.
Zubereitungsanstalten für Thierhaare.
Talgschmelzen.
Schlächtereien.
Gerbereien.
Abdeckereien.
Poudretten- und Düngpulverfabriken.
Anlagen, in welchen Albuminpapier hergestellt wird.
Anstalten zum Trocknen und Einsalzen ungegerbter Thierfelle.
Verbleiungs-, Verzinnungs- und Verzinkungsanstalten.
Anlage zur Herstellung von Gusstahlkugeln mittels Kugelschrotmühlen (Kugelfräsmaschinen).

Dieses Verzeichniss (in welchem auch die bisher ergangenen Nachträge berücksichtigt sind) ist nicht als abgeschlossen zu betrachten; da nach § 16 der R. G. O. dasselbe durch Bundesraths-Beschluss erweitert werden kann.

Die der Konzessionirung vorhergehende Prüfung der Anlagen soll sich nach § 18 R. G. O. zugleich auf die Beachtung der bestehenden Bau-, Feuer- und gesundheitspolizeilichen Vorschriften erstrecken. Zu den als nöthig festzusetzenden Bedingungen gehören auch diejenigen Anordnungen, welche zum Schutze der Arbeiter gegen Gefahr für Gesundheit und Leben nothwendig sind. Weiter befinden sich in § 120a der R. G. O. folgende Vorschriften:

„Die Gewerbeunternehmer sind verpflichtet, die Arbeitsräume, Betriebsvorrichtungen, Maschinen und Geräthschaften so einzurichten und zu unterhalten, und den Betrieb so zu regeln, dass die Arbeiter gegen Gefahren für Leben und Gesundheit soweit geschützt sind, wie es die Natur des Betriebes gestattet. Insbesondere ist für genügendes Licht, ausreichenden Luftraum und Luftwechsel, Beseitigung des bei dem Betriebe entstehenden Staubes, der dabei entwickelten Dünste und Gase, sowie der dabei entstehenden Abfälle Sorge zu tragen. Ebenso sind diejenigen Vorrichtungen herzustellen, welche zum Schutze der Arbeiter gegen gefährliche Berührungen mit Maschinen oder Maschinentheilen oder gegen andere in der Natur der Betriebsstätte oder des Betriebes liegende Gefahren, namentlich auch gegen die Gefahren, welche aus Fabrikbränden erwachsen können, erforderlich sind.

Endlich sind diejenigen Vorschriften über die Ordnung des Betriebes und das Verhalten der Arbeiter zu erlassen, welche zur Sicherung eines gefahrlosen Betriebes erforderlich sind."

In Ergänzung des § 16 der R. G. O. werden in § 38 der Berliner Baupolizeiordnung, Ziffer 1, 2 und 3 für gewerbliche nicht unter den genannten Paragraphen der R. G. O. fallende Betriebsstätten, stark besuchte Gebäude und Lagerräume besondere Bestimmungen getroffen. Es heisst dort:

1. „Besondere über die Vorschriften des Titels I der Bauordnung hinausgehende baupolizeiliche Anforderungen kann die Baupolizeibehörde für Gebäude und Gebäudetheile stellen:

   a) in denen Fabriken oder solche gewerbliche Betriebsstätten eingerichtet werden sollen, welche starke Feuerung erfordern, zur Verarbeitung leicht brennbarer Stoffe dienen, eine besonders grosse Belastung oder Erschütterung der Gebäude, einen starken Abgang unreiner Stoffe oder eine erhebliche Luftverschlechterung bedingen.

   Es gehören dahin namentlich:

   Glüh- und Schmelzöfen aller Art, Schmieden, Tiegelgiessereien, Theer- und Oelkochereien, Backöfen, Räucherkammern, Holzbearbeitungswerkstätten (Tischlereien, Drechslereien, Böttchereien, Stellmachereien und dergl.), Druckereien, Färbereien und dergl.,

   b) welche zur Aufbewahrung einer grösseren Menge brennbarer Stoffe bestimmt sind (Speicher, Lagerräume und dergl.),

   c) welche zur Vereinigung einer grössereren Anzahl von Menschen bestimmt sind und nicht unter die Polizei-Verordnungen vom 31. Oktober 1889 und 3. April 1891 fallen,*)

*) Dahin gehören die Baulichkeiten, welche ausschliesslich für Gottesdienst (Betsäle religiöser Gemeinden, die Heilsarmee) oder für Unterrichtszwecke (Hör- und Festsäle) bestimmt sind. — Ueber Kirchenbauten siehe den Abschnitt Sicherung der öffentl. Gebäude.

d) für die Grundstücke, auf welchen der Haupthof zumtheil eine Glasüberdachung erhalten hat (§ 2 Ziffer 4).

2. Die an den Bau und die Einrichtungen solcher Gebäude oder Gebäudetheile zu stellenden besonderen Anforderungen betreffen vornehmlich: die Stärke und Feuersicherheit von Wänden, Decken, Dächern, Fussböden, Treppen, Feuerstätten und Schornsteinen, die Zahl und Konstruktion der Brandmauern, die Zahl, Breite und sonstige Anordnung der Treppen und Ausgänge, die Art der Aufbewahrung und Beseitigung brennbarer Abfälle sowie unreiner Abgänge, die regelmässige Zuführung frischer Luft, die Unterhaltung von Brunnen und Wasserbehältern. Auch kann die Verwendung eiserner Oefen und freiliegender Rohre untersagt und die Heizung gewisser Räume nur von aussen oder innerhalb massiver Vorgelege zugelassen werden.

3. In Wohngebäuden kann die Einrichtung von Tischlereien und anderen gleich feuergefährlichen Arbeitsstätten sowie die Anordnung von Lagerräumen zur Aufnahme feuergefährlicher Waaren davon abhängig gemacht werden, dass sämmtliche oberhalb belegene Wohnungen mindestens einen mit den Betriebsstätten ausser Berührung stehenden Treppenzugang haben und durch unverbrennliche Decken von den Arbeitsstätten und Lagerräumen getrennt sind."

Diesen allgemein gehaltenen Vorschriften werden ganz bestimmte Einzel-Bestimmungen durch den Runderlass des preussischen Ministers der öffentl. Arbeiten und des Inneren vom 6. 5. 1901 betr. „Bestimmungen für die Feuersicherheit von Waarenhäusern, Geschäftshäusern usw."*) hinzugefügt. Dieser Erlass ist für ganz Preussen giltig und wirkt auch auf bestehende Anlagen zurück, für welche jedoch u. Umst. Erleichterungen zugelassen werden, darunter sind Bestimmungen für bestehende Gebäude, in denen sich feuergefährliche gewerbliche Betriebsstätten befinden, unter dem 20. 4. 1900 vom Polizei-Präsidenten zu Berlin erlassen.**) Eine Bekanntmachung des Polizei-Präsidenten zu Berlin vom 28. 4. 1887 für Holzbearbeitungswerkstätten siehe weiter unten.

Dem Bedürfniss nach Verkaufsstätten wurde in früherer Zeit in der Regel dadurch genügt, dass in Wohnhäusern, zumtheil nachträglich, Läden eingerichtet wurden. Diese Bauart, welche Läden zu ebener Erde, vielfach auch Läden im Erdgeschoss und 1. Stockwerk, in den übrigen oberen Geschossen dagegen Miethwohnungen zu zeigen pflegt, wird grösstentheils auch heute noch beibehalten. Erst seit etwa 15 Jahren wird in steigendem Maasse mit der Errichtung von eigentlichen Kaufhäusern vorgegangen, die in sämmtlichen nach den bestehenden Bauordnungen zulässigen Geschossen lediglich für Handelszwecke hergerichtete Räume aufweisen. Aus diesen beiden Gruppen von Geschäftshäusern für Klein- und Grosshandel entwickelten sich sodann besonders eigenartig in den letzten Jahren die Waarenhäuser, die sich vielerorts zu Prachtbauten, in Stein, Eisen und Glas aufragendenden Riesenbauten entfaltet haben. Bei der raschen Entwicklung und Ausdehnung dieser Geschäftshäuser trat die dringende Nothwendigkeit hervor, gesteigerte Anforderungen hinsichtlich der Feuersicherheit zu stellen, umsomehr, seitdem in ihnen an verschiedenen Orten (Berlin, Rixdorf, Braunschweig, Karlsruhe, Oberhausen) bedeutende Brände vorgekommen und Menschenleben vernichtet worden sind. Insbesondere ist die gleichzeitige Unterbringung von Wohnungen und Geschäftsräumen in den Miethwohnhäusern als besonders bedenklich und nachtheilig bei Feuersgefahr zu erachten; daher ist die sich anbahnende Trennung des Geschäftshauses vom Wohnhause für die selbstständige bauorganische Entwicklung beider Gebäudearten als wesentlicher Fortschritt zu betrachten, durch welchen einerseits die Behaglichkeit des Wohnens, andererseits die Freiheit des geschäftlichen Betriebes wesentlich gefördert wird. Während die bestehenden Bestimmungen der Bauordnungen für normale Verhältnisse ausreichen, erfordert das öffentliche Wohl für die Geschäftshäuser ganz besonders

*) Vergl. Centralbl. der Bauverw. S. 253, ferner Auszug in Dtsche. Bauztg. 1901, S. 343.
**) Vergl. Centralbl. der Bauverw. 1900, S. 177.

weitgehende Vorsichtsmaassregeln und zwar überall da, wo entzündliche Gegenstände in mehr oder minder erheblicher Menge inbetracht kommen, wo Menschen sich in grosser Zahl zusammenfinden, überhaupt Gut und Leben auf dem Spiel steht. Dahin werden nicht nur die Waarenhäuser, sondern auch eine grosse Anzahl Verkäufsräume mit ihrem oft sehr leicht brennbaren Inhalt zu rechnen sein. Diesen Forderungen tragen die oben angeführten Bestimmungen Rechnung, die sich nicht nur auf Maassregeln rein baulicher Art, sondern auch auf solche bezüglich der wirthschaftlichen Benutzung und des sich in den Räumen abspielenden Verkehrs erstrecken, denn nur durch stete Ueberwachung kann Gewähr dafür geboten werden, dass im Falle der Noth gewisse unumgängliche Voraussetzungen erfüllt sind, von denen zumtheil die Wirksamkeit aller Sicherheitsvorrichtungen abhängt. —

b. Bauliche Einrichtungen und Grundsätze allgemeiner Art, Brandabschnitte.

Für die Gestaltung der Verkaufsräume haben die Forderungen möglichster Weiträumigkeit und Uebersichtlichkeit, gleichmässiger Helligkeit und Feuersicherheit grundsätzliche Bedeutung. Es ist zu unterscheiden, ob die Räume von vornherein den besonderen Anforderungen eines bestimmten Handelszweiges oder Geschäftsinhabers entsprechen müssen, oder ob ihre Vermiethung an wechselnde Betriebe beabsichtigt wird. In letzterem Falle werden thunlichst grosse ungetheilte Räume zu schaffen sein, die nach Bedarf durch Scheidewände gemäss den sich ergebenen Ansprüchen getrennt werden, wobei durch zahlreiche Anordnung von Treppen für jeden Miether, für ausreichende Verkehrswege (Zugang zu zwei Treppen) Sorge zu tragen ist. Die Verkaufsräume bedingen grosse Fensteröffnungen und Wanddurchbrechungen, sodass ein System massiver Pfeiler besonders an den Ecken des Bauwerkes mit frei dazwischen gespannten Eisenkonstruktionen entsteht. Bei dem Waarenhaus steigert sich das Bedürfniss der weiten Oeffnungen zur Schaustellung aller Waaren; zwischen schmalen Pfeilern entwickeln sich die grossen Auslagefenster, deren Glasflächen bis in die Baufluchtlinie vortreten. In der Regel gruppiren sich dann alle Geschosse um einen inneren Lichthof, hierbei reihen sich die Verkaufsräume im Grundriss ohne jede wandartige Unterbrechung aneinander.

Brandabschnitte. Das Kellergeschoss bildet durch die fast ausnahmslos stattfindende Benutzung zur Lagerung und Expedition der ein- und abgehenden Waaren mit den darin enthaltenen grösseren Mengen brennbarer Stoffe, Kisten, Stroh usw. eine grosse Gefahrquelle. Es ist daher durch massive Wände und unverbrennliche Decken gegen die Schaufenster, den Geschäfts-Innenraum und dessen Treppenhäuser derart abzuschliessen, dass es ausbrennen kann, ohne dass Rauch und Feuer in die oberhalb liegenden Geschosse dringen. Das Kellergeschoss muss ausser einer unverbrennlichen Abtrennung der Maschinen- und Heizräume, sowie der etwaigen Kleiderablagen des Geschäftspersonals eine Zerlegung in einzelne mit Lüftungseinrichtungen versehene Abtheilungen von nicht über 500 qm Grösse, durch Einlegung von massiven 25 cm starken Brandmauern, erhalten. Jede Abtheilung muss mit zwei gesicherten Zugängen, die zu nicht überdeckten Höfen oder zur Strasse führen, versehen werden. Kellertreppen dürfen ausserdem nicht in Verbindung mit anderen Treppen stehen.

Auch das Dachgeschoss darf mit den Verkaufsräumen nicht in Verbindung gebracht werden; es ist von den Treppenhäusern durch massive Mauern, in denen Oeffnungen rauch- und feuersicher geschlossen werden müssen, zu trennen. Zur Schaffung von Brandabschnitten innerhalb ausgedehnter Verkaufsräume werden feuersichere Thüren, Rolläden oder Asbestvorhänge, deren Schliessung allabendlich erfolgen muss, angebracht; eine derartige Vorkehrung hat sich bei einem Brande des Gerson'schen Bazars in Berlin gut bewährt. Ausnahmsweise sind auch 1 m tief herabhängende Trennungsstreifen an geeigneten Stellen der Decken zulässig.

Dieselben Grundsätze finden auch entsprechende Anwendung auf Fabrikbetriebe mit einem oder mehreren getrennten Betrieben, mit der Maassgabe, dass jeder feuergefährliche selbständige Betrieb oder Theilbetrieb, auch jede kleinere

gefahrbringende Anlage (wie z. B. ein Gasmotor) durch massive, ausnahmsweise auch Monierwände und unverbrennlichen Fussboden und Decke begrenzt wird. Grössere Lagerräume müssen in der Regel feuer- und rauchsicher von den Geschäftsräumen getrennt sein.

Ausser den brennbaren Stoffen, welche verarbeitet oder gelagert werden, kann auch die Art der Verpackung Ursache der Feuergefährlichkeit sein. Es gilt dies besonders von Glas- und Porzellan- usw. Lagern, in welchen die einzelnen Stücke in offenen Regalen in Stroh verpackt gelagert werden. Für diese Betriebe ist ein besonderer Schutz der Beleuchtungskörper gegen die Berührung mit Stroh vorzusehen.

Da die Anlage von Geschäfts- und Waarenhäusern des Näheren behandelt ist in unserer „Baukunde des Architekten," II. Bd., Theil 5, 1902 und dort auch viele Erläuterungen hinsichtlich der Feuersicherheit enthalten sind, so sei hier nur auf einige Beispiele hingewiesen.

Waarenhaus Tietz zu Berlin (erbaut von Sehring und Lachmann & Zauber). Der **I**-förmige Grundriss hat eine imganzen übersichtliche Anordnung mit vier grossen nothwendigen dreiarmigen Treppen an den vier äussersten Enden des Mittelbaues aufzuweisen. Sie gelten im Sinne der Baupolizei als eigentliche Haupttreppen, die imfalle der Gefahr zur Rettung der Menschen inbetracht kommen. Die Ausgänge von den Verkaufsräumen der oberen Geschosse nach diesen vier Treppen sind leicht auffindbar und erreichbar von allen Punkten der Geschäftsräume, dagegen kann aber der sehr verborgen liegende Zugang zu den beiden vordersten Treppen im Erdgeschoss erst nach Durchquerung des Vordergebäudes auf 28 m Entfernung, vom Haupteingang gemessen, erreicht werden; infolge dessen wird das Publikum beim Eintritt in das Waarenhaus diese Treppenanlagen kaum bemerken und von diesen sogenannten Nebentreppen meistens keinen Gebrauch machen. Die im Lichthof an der Stirnseite angeordnete Freitreppe (baupolizeilich als überzählig geltend) wird für das Publikum zur Haupttreppe. Diese Haupttreppe wechselt in den Geschossen einmal an der einen, dann wieder an der anderen Schmalseite des Lichthofes. Diese Anordnung könnte unter Umständen imfalle einer Panik gefahrvoll werden, falls das Publikum nicht rechtzeitig auf die Nebentreppen hingewiesen wird.*)

Als gutes Beispiel eines Geschäftshauses ist das im Jahre 1898 von Messel & Altgelt erbaute Wertheim'sche Waarenhaus in Berlin anzusehen.**) Der Grundriss zeigt die **I**-Form mit geschickter Anordnung der gesonderten Lage des Kesselhauses. In einem Kellergeschoss mit Räumen für Wirthschafts- und Expeditionszwecke, sowie in fünf, stellenweise sechs weiteren Geschossen erhebt sich das stattliche Gebäude und gruppirt seine Verkaufsräume um den durch alle Geschosse reichenden grossen inneren Lichthof. Den Verkehr vermitteln zweckmässige, vom Eingang leicht sichtbare Treppenanlagen im Vordertheil, eine in den Lichthof eingebaute Freitreppe, sowie Nebentreppen und zahlreiche Aufzüge. Durch die spätere Erweiterung konnte der einheitliche Grundrissgedanke nicht gewahrt bleiben, die Uebersichtlichkeit der Räume hat an Klarheit verloren.

Die amerikanische Bauweise, deren Anwendung auf deutsche Verhältnisse sich aus verschiedenen Gründen, wie der sehr geringen Berücksichtigung der Verkehrssicherheit, auch des Kostenpunktes halber meistens verbieten wird, sei hier nur kurz in einem Beispiele erwähnt.

Das sechsstöckige Waarenhaus der Sigel, Cooper Company zu New-York 161 m lang, 56 m breit, hat durchweg in Eisen- und Stahlfachwerk mit einer Ziegelverblendung hergestellte Aussenmauern bei gleichmässig durchgehendem System breiter Schaufenster. Das Eisengerüst nimmt die ganze Last des Gebäudes auf und hat eine schwache Aussenverkleidung aus grossen gebrannten Hohlziegeln oder Thonkasten (Terrakotten) mit geringem Gewicht, die in die Fache des Eisengerippes eingesetzt sind. Da diese Wandverkleidung alle Bewegungen des Eisens mitmacht, so ist die Gefahr ihrer Verletzung bei Feuer

---

*) Grundriss: siehe Baukunde des Architekten II. Band, Theil 5, 1902, Seite 174 u. 175.
**) Grundriss: s. Dtsche. Bauztg. 1898, Seite 218 sowie B. d. A. II,5 Seite 178.

durch Längenänderungen der Träger gehoben. Alle Eisentheile der mit Hohlziegeln gewölbten Decken sind mit Rücksicht auf Feuersicherheit mit Terrakotten ummantelt. Die inneren eisernen Säulen sind mit Drahtputz umgeben. Alle Stockwerke sind mit einem selbstthätigen feuerlöschenden Netz von Röhren zur Staubregenerzeugung versehen, deren gute Wirksamkeit im Bedarfsfalle angezweifelt werden muss. Bei einer Flächenbebauung von 9000 qm sind nur fünf Treppenanlagen vorhanden.*)

c. Behandlung einzelner Einrichtungen und Konstruktionen.

α. Mauern, Schaufenster.

Die massive Herstellungsweise der Umfassungswände bleibt in erster Linie maassgebend, denn nur unter Berücksichtigung der örtlichen Verhältnisse und der Benutzungsart kann Eisenfachwerk bedingungsweise zugelassen werden. Einer ausgedehnten Anwendung der weitgespannten Eisenkonstruktionen in Verbindung mit eisernen Stützen zu den Schaufenstern der Geschäfte sind durch die Forderung der Einschaltung von massiven Pfeilern möglichst in 10 m Abständen gewisse Grenzen gesetzt. Gusseiserne Stützen sind noch gebräuchlich, jedoch wird die Verwendung von Schmiedeisen bevorzugt. Eine Ummantelung der an Aussenfronten gelegenen Eisentheile ist hierbei nicht erforderlich.

Der architektonische Aufbau der Umfassungswände wird künftighin durch die für Schaufenster geltenden Forderungen wesentlich beeinflusst werden. Erkerartige in ganzer Frontlänge sich entwickelnde Glas-Ausbauten zur Schaustellung von Waaren, die über die Baufluchtlinie vortreten, werden in Berlin nicht mehr zugelassen. Ueber Fenstern soll die Frontwand in einer Höhe von 1 m feuerfest geschlossen bleiben und der massive Sturz der Schaufensteröffnung 0,30 m unter den Deckenabschluss herabreichen; u. Umst. genügt aber als Sturz ein 0,30 m hoher Feuerschutzstreifen aus Monier, Drahtglas oder ähnlichen feuersicheren Stoffen. Solche vortretenden Bautheile bieten ein wirksames Hinderniss gegen Stichflammen, die sich mit grosser Raschheit auf bedeutende Entfernungen längs einer wagrechten Decke erfahrungsmässig fortsetzen. Aus gleichem Grunde werden unter den Fenstern oben gelegener Wohn- und Arbeitsräume stärker ausladende Gesimse oder Ueberdachungen angebracht.

Um Unfällen (beim Brande) durch Herabfallen grosser Scheiben vorzubeugen, sind die Fenster der oberen Geschosse durch Sprossen angemessen zu theilen, oder besonders zu sichern.

Die Umfassungsmauern von Fabrik- und Lagergebäuden sind mit Rücksicht auf die grössere Belastung, die Erschütterungen und die grössere Feuersicherheit für gewöhnlich bereits im 2. Geschoss (von oben gerechnet) 51 cm (2 Stein anstatt $1^1/_2$ Stein) stark auszuführen. Ebenso sind die balkentragenden Mittelwände, selbst wenn sie nicht in Pfeiler aufgelöst sind, stärker als in Wohngebäuden anzulegen. Bei starken Durchbrechungen der Umfassungswände ist es zweckmässig, dieselben durch lisenenartige Vorsprünge zu verstärken.

Die Anlage von tiefen Lichtgräben längs der Umfassungswände in Fabrik- und Lagerräumen wird in Berlin nicht gestattet, da hierdurch das Heranfahren der fahrbaren Rettungsleitern sowie das Herantreten mit dem Sprungtuch verhindert wird. Eine fest konstruirte befahrbare Abdeckung der Lichtgräben ist nöthigenfalls vorzusehen.

β. Treppen und Ausgänge.

Grösste Fürsorge ist hinsichtlich aller Geschosse der Verkehrssicherheit und der Anordnung von Rückzugswegen zu widmen. Die Ausgangsflure oder Treppen müssen ins Freie münden, von massiven Mauern umgrenzt werden, deren Thür-Oeffnungen nöthigenfalls durch nach aussen schlagende rauch- und feuersichere Thüren, mit Füllungen aus Drahtglas oder Elektroglas, bezw. Luxferprismenglas zu schliessen sind. Befinden sich Wohnungen, Arbeitsstätten oder zur Vereinigung von Menschen bestimmte Räume im Kaufhause, so müssen diese nach einer

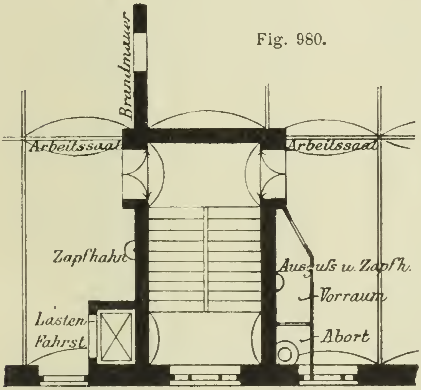
*) Grundriss s. Dtsche. Bauztg. 1897, Seite 332, Obergeschoss.

Treppe entleert werden können, die auch bei völliger Verqualmung der Geschäftsräume und ihrer Treppen benutzbar bleibt. In den Wänden, welche die Durchfahrt bezw. den Durchgang nach der Strasse von den Geschäftsräumen trennen, dürfen Schaufenster oder Fensteröffnungen nicht hergestellt werden.

In der Hand des Architekten liegt es auch, die nothwendigen Nebentreppen, wenn irgend möglich, in die Axen zu legen und ihre Zugänge architektonisch zu betonen, sodass das Publikum auf die Nebentreppen aufmerksam gemacht wird. Es empfiehlt sich, sie durch Pendelthüren mit Glasfüllungen (u. Umst. Elektroglas) kenntlich zu machen. Zur raschen Entleerung aller Geschosse sind überall ausreichende Gänge, die in möglichst gerader Richtung auf die Thüren führen, anzuordnen, die Breite ist hierbei nach der Höchstzahl der Besucher, doch meistens nicht unter 2,50 m zu bemessen.

Freitreppen werden bei der Bemessung der nothwendigen Treppen nicht in Anrechnung gebracht. Feuergefährliche Betriebsstätten, sowie über diesen befindliche Werkstätten, Wohn- oder Vereinigungsräume (soweit letztere überhaupt zugelassen werden) sollen nach zwei Treppen entleert werden können. Falls die Herstellung der geforderten zwei Treppen nur sehr schwer zu ermöglichen wäre, kann eine davon durch einen anderen geeigneten, weithin kenntlich gemachten Rückzugsweg oder eine Nothleiter ersetzt werden.

Fig. 980.



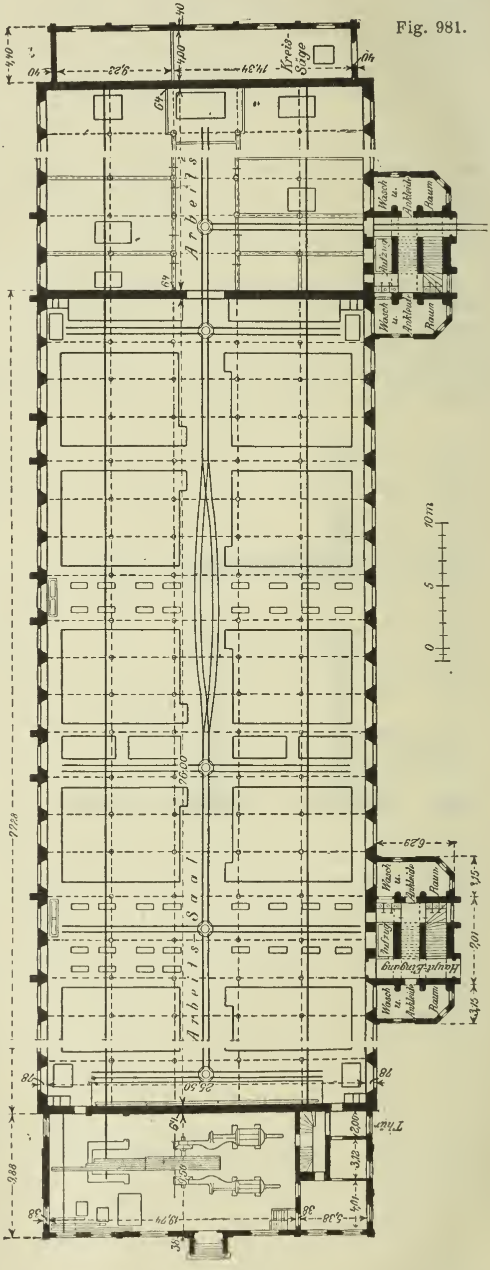
Etwa ein Drittel der Fenster jedes Arbeitsraumes muss zu öffnende Flügel mit einer freien Oeffnung von mindestens 0,60/1,10 m erhalten.

Die nothwendigen Treppen sind ausnahmslos unverbrennlich herzustellen, sowie bei Verwendung von Eisen oder Baustoffen, die dem Feuer keinen ausreichenden Widerstand leisten, feuersicher zu bekleiden. Die Treppenhäuser sind mit massiven Wänden einzuschliessen, entweder unverbrennlich zu überwölben, oder mit feuersicherer Decke zu versehen. (Letzterer Art wird von der Berliner Feuerwehr der Vorzug gegeben.) Die Treppenhausdecke muss eine wirksame Entlüftungsvorrichtung erhalten, die vom Erdgeschoss bedient werden kann. Eine einzige Treppe wird nur bei ganz kleinen Anlagen genügen; der Regel nach sind zwei Treppen vorzusehen. Wird eine einzige Treppe für eine kleine Fabrikanlage noch als genügend erachtet, so ist es erforderlich, wenigstens an einer Aussenmauer einen Balkon mit bequemer Steigeleiter als Nothausgang anzulegen. Um das Verqualmen der Treppenhäuser bei einem Brande möglichst zu vermeiden, sind die von den Fabriksälen nach dem Treppenhause führenden Thüren feuersicher, in feuersichere Falze schlagend und im übrigen nach aussen aufschlagend herzustellen und mit selbstthätigen Verschluss-Vorrichtungen zu versehen. Damit die nach aussen aufschlagenden Thüren die Treppenpodeste nicht versperren, empfiehlt es sich, die Thürflügel in die Thürlaibungen schlagen zu lassen und letztere, soweit erforderlich, durch Herstellen einer Vorlage zu verbreitern, Fig. 980. Die Lagerkeller werden am zweckmässigsten nicht an die Treppenhäuser angeschlossen, sondern erhalten besondere, vom Hofe ausgehende Zugangstreppen. Auch für die Fabriksäle im Erdgeschoss sind, wenigstens neben den Verbindungen mit den Treppenhäusern, noch Nothausgänge unmittelbar ins Freie anzulegen.

Für die Treppenbreiten werden im allgemeinen die Bestimmungen für Versammlungssäle maassgebend sein; es sind somit 120 Personen auf 1 m Treppenbreite zu rechnen. Wenn diese Personen jedoch in mehreren Geschossen vertheilt sind, und anzunehmen ist, dass bei Ausbrechen von Panik oder eines Brandes die

zunächst betroffenen Geschosse sich zuerst entleeren, und die aus den folgenden Geschossen Kommenden den Weg theilweise schon frei finden, so wird eine Ermässigung der Treppenbreiten so weit, dass etwa 150 bis 180 Personen auf 1 m Treppenbreite kommen, wohl zulässig sein. Wird die Fabrik für einen bestimmten Zweck gebaut, so wird die dieser Berechnung zugrunde zu legende Zahl der Fabrikarbeiter für jeden Arbeitssaal leicht festzustellen sein. Sollen die Fabrikräume dagegen an verschiedene Betriebsunternehmer und Kleingewerbetreibende vermiethet werden, so kann die Zahl der Arbeiter nur nach der Grösse der verfügbaren Saalflächen geschätzt werden. Berücksichtigt man, dass ausser dem Arbeitsplatz für den Arbeiter noch der Platz für die Maschinen sowie für das Lagern und Verpacken der Materialien und fertigen Waaren zu beschaffen ist, so wird die Durchschnittsannahme von drei Arbeitern auf 10 qm Saalfläche im allgemeinen etwa zutreffend sein.

Fig. 981.



Werden (wie dies bei der grossen Tiefe der Grundstücke in Berlin vielfach üblich ist) Fabrikgebäude auf dem Hinterlande einer Baustelle und nicht unmittelbar an der Strasse errichtet, so muss eine Durchfahrt oder sonstige freie Zufahrt zwischen Strasse und Hof von mindestens 2,3 m lichter Breite und 2,8 m lichter Höhe, bereits nach den sonstigen baupolizeilichen Vorschriften angelegt werden. Bei grösseren Anlagen ist, entsprechend den Bestimmungen für Versammlungssäle, die Breite dieser Durchfahrt angemessen so zu erhöhen, dass neben dem Wagengleis noch ein erhöhter Weg für die Fussgänger bleibt; oder es sind neben der eigentlichen Durchfahrt besondere Durchgänge für den Fussgängerverkehr anzulegen.

Im übrigen ist auch eine angemessene Grösse der die Fabrikgebäude umgebenden Höfe für die Schnelligkeit der Entleerung der Fabrik bei Panik, sowie

zur Heranschaffung von Löschgeräthen von grösster Wichtigkeit. — Bei engen Baustellen innerhalb geschlossener städtischer Bebauung ist es meistens nicht zu umgehen, die Treppenhäuser innerhalb der Gebäude und nur durch massive Mauern von den Arbeitssälen getrennt, etwa in der Anordnung, wie in Fig. 980 dargestellt, anzulegen. Bei den Fabriken, welche in freiem Gelände erbaut werden, wird es meistens wohl durchführbar und daher nicht zu unterlassen sein, die Haupttreppenhäuser abgetrennt von den Fabriksaal-Bauten, neben denselben zu errichten. Eine derartige, auch sonst recht zweckmässige Grundrissanordnung zeigt das in Fig. 981 dargestellte Fabrikgebäude der Wollwaarenfabrik von Ferdinand Lewin in Göttingen. Die gesonderte Treppenhausanlage ist zu empfehlen.

Fig. 982.

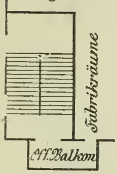


Fig. 983.

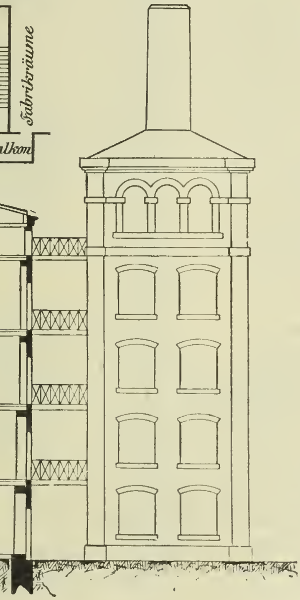
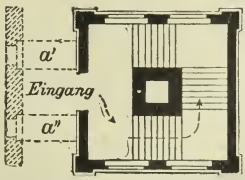


Fig. 984.



Für die rechtzeitige Rettung der Arbeiter in besonders gefährlichen Betrieben ist dafür zu sorgen, dass die Treppen möglichst lange vor Gluth und Rauch geschützt sind und begehbar bleiben. Um dies zu erreichen, schlägt Prof. Henrici vor, zwischen den Treppenhäusern und Fabriksälen, wie in Fig. 982 dargestellt, keine Thüröffnungen anzubringen, sondern den Verkehr vom Treppenhaus nach den Arbeitssälen über offene Balkone hinweg zu leiten. Als noch weitergehende Sicherung wird vom Gewerbeinspektor Hoffmann im Handbuch der praktischen Gewerbehygiene die Anlage der Treppe in einem besonderen Treppenthurm empfohlen, welcher mit der Fabrik gleichfalls nur durch Laufbrücken und Balkone verbunden wird. Fig. 983 und 984 zeigt eine solche Anlage, bei welcher der Treppenthurm zugleich zur Aufnahme des Dampfschornsteins eingerichtet ist.

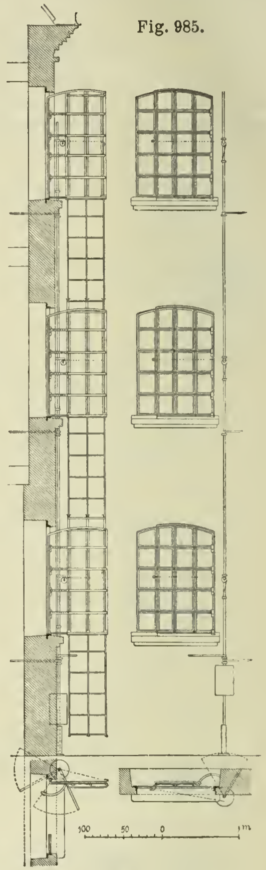
Für die Sicherheit der Benutzung der Fabriktreppen imfalle der Gefahr ist noch eine ausreichende Helligkeit derselben, bequeme Begehbarkeit, zweckmässiger Belag der Stufen, eine sichere Konstruktion der Geländer und eine sorgfältige Reinhaltung erforderlich. Hölzerner Stufenbelag ist für sichere Begehbarkeit zweckmässiger als solcher von Stein und Eisen. Ebenso ist Linoleumbelag — der rechtzeitig zu erneuern ist — auf Steinunterlage zu empfehlen. Ausser den eigentlichen Geländern sind auch an der Wandseite der Treppen Handgriffe anzubringen. Steigeleitern an der Aussenseite der Fabrikgebäude, welche als Nothausgänge dienen sollen, müssen, um ihren Zweck einigermaassen zu erfüllen, wenigstens in jedem Geschoss mit Podesten versehen werden, besonders, wenn in den Fabrikräumen weibliche Personen arbeiten.

Anstelle von festen eisernen Steigeleitern, die die Einbruchgefahr immerhin erhöhen, sind auch die von Scherrer konstruirten Rettungsfenster mit Vortheil verwendbar, vergl. die Fig. 985 und 986. Eine Reihe senkrecht übereinander liegender Fenster ist mittels durchgehender Stange verbunden. In jedem Stockwerk sind mittels Hebel oder Kurbel sämmtliche Rettungsfenster zu öffnen und festzustellen und durch Leitertheile untereinander zu verbinden. An der Innenseite der Fenster sind Leitersprossen angebracht, ebenso ein beweglicher Leitertheil, welcher die Verbindung von Fenster zu Fenster herstellt.*)

*) Vergl. auch Dtsche Bauztg. 1896 S. 42, 1899 S. 382, 1901 S. 259.

Galerien und Verbindungsbrücken, welche mehrere benachbarte Fabrikgebäude verbinden, sind thunlichst ganz aus feuersicherem Material herzustellen, und wenn dieselben nicht fest umschlossen und überdacht sind, mit Geländern zu versehen, deren Höhe gewöhnlich 1 m nicht unterschreiten sollte.

Fig. 985.



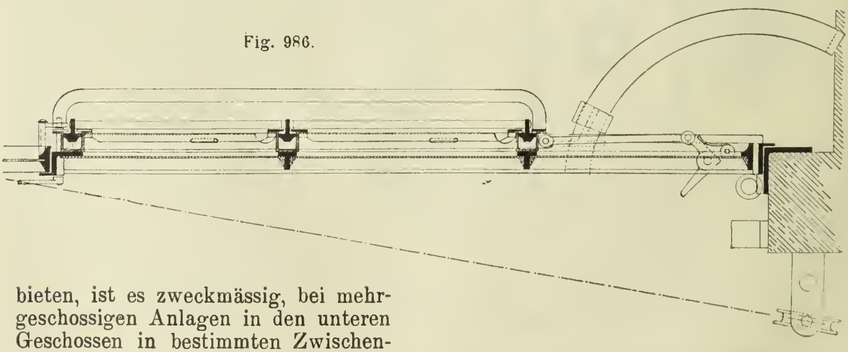
In industriellen grösseren Städten, wie namentlich in Berlin, sind, zum Schaden der Gesundheit und der Sicherheit der Bewohner gegen Feuersgefahr in früheren Wohnvierteln allmählich, unter engerer Bebauung der Grundstücke, Fabrikanlagen und kleinere Werkstätten zwischen den Wohnhäusern, namentlich auf dem Hinterlande grösserer Grundstücke, eingerichtet worden. Dieses Durcheinander der Werkstätten und Wohnungen bringt namentlich für den Betrieb der Kleingewerbe mancherlei Vortheile mit sich durch Erleichterung der Aufsicht des Werkstättenbetriebes. Um so durchgreifender sollte dafür Sorge getragen werden, dass die Wohnungen gegen ein Uebergreifen eines Feuers von den Werkstätten aus genügend geschützt werden, nämlich durch Anlage von Brandmauern zwischen Wohnungs- und Werkstättenflügel, Herstellung besonderer Treppenhäuser und Zugänge für die Wohnungen und Werkstätten, sowie Sicherung etwaiger Verbindungsthüren durch feuersichere Abschlüsse.

γ. Eisenkonstruktionen des inneren Ausbaues.

Wird zu tragenden Gebäudetheilen (Säulen, Unterzügen, Balken) Eisen verwendet, wie dies bei Anlage grösserer Arbeits- und Lagersäle nicht zu umgehen ist, so ist gluthsichere Ummantelung der Eisentheile erforderlich, sobald die Bestimmung der Lager und Fabrikräume die Möglichkeit der Entstehung eines grösseren Schadenfeuers bedingt. (In Berlin wird von der gluthsicheren Ummantelung nur bei grossen Maschinenhallen mit sichtbaren Dach-Eisenkonstruktionen abgesehen.) Die zweckmässige Herstellung dieser Umhüllung ist im Abschnitt V dieses Kapitels behandelt.

Bei der geringen Sicherheit, welche die Eisenkonstruktionen einem grösseren Feuer gegenüber

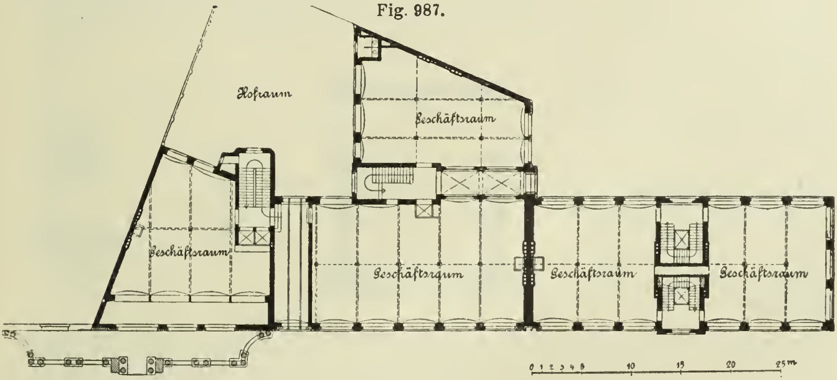
Fig. 986.



bieten, ist es zweckmässig, bei mehrgeschossigen Anlagen in den unteren Geschossen in bestimmten Zwischenräumen massive Mauern oder Pfeiler vorzusehen, welche für den Fall der Zerstörung der Eisenkonstruktion, den vollständigen Einbruch und Zusammensturz des ganzen

Gebäudes verhindern. Werden die Treppenhäuser zwischen den Fabriksälen und nicht als vorspringende Bautheile angelegt, so wird es meistens möglich sein, die massiven Umfassungsmauern der Treppenhäuser und Aufzüge in den Obergeschossen, und ebenso die Mauern der Flure und Durchfahrten in dem Erdgeschoss zur Aussteifung der Eisenkonstruktionen zu benutzen. Als ein Beispiel dieser Art ist in Fig. 987 der Grundriss des Geschäftshauses „Zum Hausvogt" dargestellt, welches in Berlin 1888/90 von Baurath Otto March erbaut wurde. Unter Anlehnung an die amerikanische Bauweise der Skelettkonstruktion zeigt das Kaufhaus „Neu-Köln" in Berlin (erbaut von Arch. Kampfmeyer und O. Stiehl) eine noch weitergehende Weiträumigkeit, bezw. Auflösung der Mauermassen. Eine gute Versteifung der Frontwände wird durch die wohlgelungene Anlage zweier grossen Höfe mit den zugehörigen Durchfahrten und den sich anschliessenden Treppenhäusern erzielt.*) Werden, wie dies in den Hauptgeschäftsstrassen grösserer Städte fast die Regel ist, über den Läden des Erdgeschosses und den Verkäufsräumen der weiteren Geschosse Wohnungen angelegt, so ist die Anlage genügend starker, tragender Mauerpfeiler zur Versteifung der inneren Eisenkonstruktion durchaus nothwendig. Besonders ungünstig ist hierbei, dass derartige Verkaufslokale gemeiniglich Nachts nicht beaufsichtigt werden, somit ein Nachts etwa ausbrechendes Feuer bereits grösseren Umfang annehmen und die oberen Geschosse gefährden kann, ehe dasselbe entdeckt wird.

Fig. 987.



δ. Deckendurchbrechungen.

Besondere Beachtung als Leiter eines Feuers verdienen die Deckendurchbrechungen. Zu denselben zählen die Lichtschachte, die Verbindungstreppen, die Aufzüge, Treibriemen und Transmissions-Oeffnungen und Luken. Selbst wenn die durch mehrere Geschosse gehenden Lichtschachte von massiven Wänden umschlossen sind, so erfüllen sie ihren Zweck doch nur, wenn die Umfassungsmauern mit grösseren Oeffnungen durchbrochen werden. Erfahrungsgemäss ziehen hohe derartige Schächte die Stichflamme und Rauchgase an, tragen erheblich zur grösseren Entfachung des Feuers bei und vermehren die Gefahr für die Weiterverbreitung des Feuers nach den oberhalb der Brandstelle liegenden Geschossen (siehe grossen Brand in London).**) Wenn irgend möglich, sind schachtartige Höfe und Lichtschachte in Fabriken und Lagergebäuden daher ganz zu vermeiden.

Verbindungstreppen dürfen nur zwei unmittelbar übereinander gelegene Geschosse verbinden und sind mit unverbrennlichen Wänden mit feuersicheren Thüren zu umschliessen.

Die Aufzüge gehören zu den wesentlichen Bestandtheilen eines Fabrik- oder Lagergebäudes bezw. Geschäftsgebäudes. Personenaufzüge werden häufig

*) Vergl. Baukunde des Arch. Bd. II, Th. 5, 1902, S. 136.
**) Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 129: Das Feuer in der City von London am 19. 11. 1897.

frei im Treppenhaus von den Treppenläufen umschlossen ausgeführt und bedürfen dann keiner feuersicheren Umschliessung, Fig. 988. Für Waarenaufzüge dagegen wird die Lage in oder neben dem Treppenhause meistens wenig zweckmässig sein, da beim Entladen des Fahrstuhls die Treppenpodeste versperrt werden und die Waaren durch die Verbindungsthüren von den Treppenhäusern nach den Lagerräumen transportirt werden müssen. Somit wird für den Betrieb die Anordnung der Fahrstühle innerhalb der Arbeits- bezw. Lagerräume zweckmässiger sein, und es ist dann die Sicherung gegen Feuersgefahr durch feuerfeste Umschliessung des Fahrstuhlschachtes und feuersichere Herstellung der Thüren nothwendig (vergl. Fig. 980, S. 369). Die in Berlin vorgeschriebene Einrichtung, dass die Zugangsthüren zum Schacht nur geöffnet werden können, wenn der Fahrstuhlkorb vor der Thür steht, und der Fahrstuhl nicht eher weiterfahren kann, bis die Thür wieder geschlossen ist, bezweckt zunächst Sicherung gegen Unfall; doch vermindert sie auch die Feuersgefahr, da nie mehrere Thüren in verschiedenen Geschossen gleichzeitig offen stehen können.*)

Der Haupttreibriemen einer grösseren Fabrikanlage, welcher nach den oberen Geschossen führt, wird zweckmässig ebenfalls in einen gemauerten Schacht gelegt. Deckendurchbrechungen für kleinere Treibriemen sind in hölzernen Decken durch Eisenbeschlag der Oeffnung und im übrigen ausnahmslos durch eiserne Ummantelung bis über Brüstungshöhe zu sichern. Wenn Wellenleitungen durch massive Scheidewände oder Brandmauern geführt werden, so empfiehlt sich der Verschluss der Oeffnung durch die in Fig. 989 dargestellte, vom Branddirektor Stude angegebene Vorrichtung. Die Platten, welche die Oeffnung verschliessen, bestehen aus Eisenblech und sind um den Knopf *a* drehbar. Die Knöpfe *b* sind lediglich Handgriffe. Die Welle erhält einen Spielraum von 2 cm auf allen Seiten. Dieselbe Vorrichtung ist auf beiden Seiten der Mauer anzubringen.

Fig. 988.

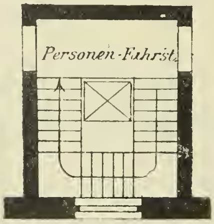
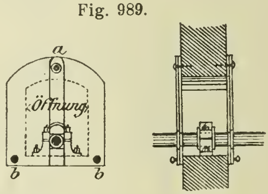


Fig. 989.



Offene Luken und Schüttöffnungen sind gefährlich infolge der leichten Uebertragbarkeit eines Feuers von Geschoss zu Geschoss, sowie wegen der Gefahr des Abstürzens. Erstere Gefahr wird gemildert, wenn unterhalb der Luken Schachte aus unverbrennlichem Material angebracht werden, welche wenigstens 1 m oder tiefer in den unteren Raum hinabreichen. Es wird dann verhindert, dass die ersten Rauchgase und die ersten Stichflammen bei einem ausbrechenden Feuer sofort von der Lukenöffnung angesaugt werden. Vielmehr wird der Rauch in die Lukenöffnung erst eindringen, nachdem der obere Theil des Raumes unter der Decke mit Rauch und Feuergasen gefüllt ist. Können die offenen Luken nicht vergittert werden, so sollten dieselben wenigstens mit einer emporragenden Saumleiste oder mit eisernen Bügeln eingeschlossen werden.

Luken mit beweglichen Verschlüssen werden zweckmässig so ausgebildet, dass die aufgestellten Lukenthüren mit den verbindenden Gelenkstangen ein geschlossenes Geländer abgeben. Bildet der bewegliche Verschluss den Abschluss eines nach unten gehenden Fahrstuhls, so ist derselbe selbstthätig so herzustellen, dass er sich nach Senkung des Fahrstuhlkorbes von selbst schliesst.

ε. Brandmauern.

Auf die zweckmässige Anlage der Brandmauern ist in Fabriken und Lagerräumen besonderer Werth zu legen. In Speichern, welche grosse Mengen brennbarer Stoffe bergen, wie in Wollspeichern und Rauhfourage-Magazinen, ist die

*) Als Beispiel eines schweren Brandunglücks, welches durch einen Fahrstuhl verursacht wurde, sei der Brand in einer Druckerei in Cincinnati vom 20. Mai 1885 angeführt. Das im 1. Geschoss ausgebrochene Feuer wurde durch den Fahrstuhl so schnell nach dem obersten Geschoss übertragen, dass 17 Menschenleben durch Erstickung zugrunde gingen.

Entfernung der Brandmauern möglichst klein zu bemessen; auch sind dieselben, um ihre Wirksamkeit zu erhöhen, höher als sonst üblich, etwa 1 m über Dach zu führen. Die eigentliche Stärke der Brandmauer ist ferner getrennt von den Eisenkonstruktionen der Binder, Pfetten und Unterzüge auszuführen. Dies erreicht man am einfachsten, wenn man die Pfetten und Unterzüge auf Auskragungen oder Kragsteinen an der Mauer auflagern lässt. Die Brandmauern erhalten eine gute seitliche Aussteifung in ihrer ganzen Höhe, wenn die Treppenhäuser, sofern dieselben nicht in besonderen Thürmen gebaut sind, anschliessend an die Brandmauern angelegt werden, wie in Fig. 980, S. 369 dargestellt ist. Ferner wird in Speichern und Magazinen eine möglichst feuerfeste Bedachung auszuführen sein, etwa Holzzement auf Gewölbeunterlage, oder Moniergewölbe mit Holzzement oder Doppelpappe-Deckung.

ζ. Abgetrennte Lage.

Wie bereits im Abschnitt Ia ausgeführt ist, liegt es im Interesse der Feuersicherheit wie auch der gesundheitlichen Verhältnisse, Fabriken und grössere industrielle Bauten abgetrennt von den Wohngebäuden anzulegen. § 23 der R. G. O. überlässt es den Landesgesetzgebungen, zu bestimmen, dass die nach § 16 konzessionspflichtigen Gewerbe durch Ortsstatut in bestimmte Bezirke verwiesen werden. Nur einzelne deutsche Staaten (Sachsen, Württemberg, Baden, Hessen, Braunschweig) haben bezügliche Landesgesetze erlassen und hinwiederum sind nur wenige Städte mit dem Erlasse von Ortsstatuten aufgrund dieser Gesetze vorgegangen (Dresden, Cannstatt, Esslingen, Heilbronn, Heidelberg, Darmstadt, Offenbach, Worms). Preussen hat bisher den Weg der Landesgesetzgebung nicht beschritten, daher hier für den Erlass betr. Ortsstatute die Grundlage fehlt. Erst in neuester Zeit ist man, zunächst in Altona und in Frankfurt a. Main, auf Veranlassung des Oberbürgermeisters Adickes, mit dem Erlass neuer Baupolizei-Ordnungen vorgegangen, nach welchen den Fabriken besondere Stadtviertel zugewiesen werden, ausserdem gemischte Viertel für Fabriken und Wohnhäuser und reine Wohnviertel vorgesehen sind. Auch in der Baupolizei-Ordnung für die Vororte Berlins ist die Errichtung von Fabriken in den umfangreichen, für landhausmässige Bebauung bestimmten Baugeländen verboten, und in denselben nur die Anlage kleinerer Geschäftsläden und Werkstätten gestattet.

In Oesterreich-Ungarn bestehen schon längere Zeit einschränkende Bestimmungen für die Anlage von Fabriken. So sind in Budapest bestimmte Fabrikviertel ausgelegt und in Wien bleibt es dem Gemeinderath vorbehalten, einzelne genau abzugrenzende Gebietstheile vorzugsweise für die Anlage von Industriebauten zu bestimmen. Die Industriebauten werden daselbst nach ihrer Lage in isolirt stehende und nicht isolirt stehende eingetheilt, und wird ein Industriegebäude oder ein Komplex derartiger Gebäude als isolirt angesehen, wenn jeder Punkt desselben von anderen Gebäuden und von den Nachbargrenzen mindestens 20 m entfernt ist. Die isolirt stehenden Industriebauten geniessen insofern eine Vergünstigung, als die Wahl der Konstruktionen und der Baumaterialien dem Bauherrn überlassen bleibt, während bei den nicht isolirten Industriebauten der Baupolizei vollständige Baupläne vorzulegen sind. Aber selbst für letztere Bauten brauchen nur die Wände an öffentlichen Strassen, Nachbargrenzen und Feuerungen massiv hergestellt zu werden; auch sind hölzerne Zwischenwände, Balkenlagen ohne Staakung und Deckenputz und die Benutzung der Bundrähme des Dachstuhles zu Deckenkonstruktionen gestattet. So milde diese Vorschriften über die Konstruktion von Wänden und Decken sind, so strenge sind in Wien die Vorschriften über die Treppenbreiten. Das Mindestmaass einer Treppenbreite für weniger als 50 Arbeiter beträgt, falls sie geradarmig ist, 1,25 m, wenn sie gekrümmt ist, 1,50 m. Für je weitere 50 Arbeiter sind 115 cm auf diese Breiten zuzuschlagen, oder es sind verhältnissmässig mehr Rettungsstiegen anzulegen. Zur grösseren Erleichterung können diese Stiegenhäuser an der Aussenseite der Gebäude an dem zur Isolirung bestimmten Raume angelegt werden. Es ist hiernach ein grösserer Werth auf die schnelle Entleerung der Fabriksäle gelegt, als auf den Widerstand, welchen die Bauwerke einem um sich greifenden Feuer entgegensetzen.

η. Langsam brennende Gebäudekonstruktionen und Wollspinnereien.

Es sei im Anschlusse an diese Vorschriften auf eine eigenartige Entwicklung im amerikanischen Bauwesen hingewiesen, deren Ausgangspunkt in dem Bestreben der Besitzer von Baumwollspinnereien lag, eigene Versicherungsgesellschaften auf Gegenseitigkeit zu gründen.*) Die baulichen Regeln erstreben keinesweg die Herstellung durchaus feuersicherer bezw. unverbrennlicher, sondern nur langsam brennender Gebäude. Unter Vermeidung von Hohlräumen kommt die Unterschalung der Decken in Wegfall; die Dielung wird auf einer dichten Decke, einem starken Blindboden, u. Umst. unter Verwendung von Zwischenlagen aus Mörtel und Asbestpappe, verlegt. Mörtelbewurf auf Drahtlatten wird auf den Balken und Gefachen für sich angebracht. Aehnlich werden die Dächer hergestellt. An Löschvorrichtungen werden neben dem zweifachen, von einander unabhängigen Anschluss an eine Druckwasserleitung mit gewöhnlichem Hydranten, selbstthätige Sprengvorrichtungen angelegt, wie solche hier für Theater auch bereits ausgeführt sind. Diese baulichen Einrichtungen werden durch Vorschriften über den Betrieb, die Beleuchtung, Vermeidung von zu Selbstentzündung neigenden Thier- und Pflanzenölen als Schmiermaterial, sowie Einrichtung eines geregelten Wachtdienstes ergänzt.

Die Gefährlichkeit der zur Selbstentzündung neigenden Wollabgänge in Wollspinnereien, namentlich des sogen. Maschinen-Ausputzes hatte übrigens bereits im Jahre 1863 zu einer Polizei-Verordnung in Berlin Veranlassung gegeben, welche die Aufbewahrung des Maschinen-Ausputzes in feuersicheren Gefässen, bezw. in abgedeckten gemauerten Gruben vorschreibt.

Seit in Preussen, infolge der Neuregelung der Fabrikaufsicht, auf die Sicherheit der Arbeiter in den Fabriken behördlicherseits in weitgehenderem Maasse Bedacht genommen wird, und der Aufsichtsbehörde umfangreichere Erfahrungen zugebote stehen, werden für die einzelnen Fabrikbetriebe vielfach besondere Vorsichtsmaassregeln dem Fabrikherrn zur Pflicht gemacht. So sind unterm 22. Dezember 1894 für diejenigen Wollspinnereien, in denen neben thierischer Wolle auch Baumwolle verarbeitet wird, aufgrund eines Gutachtens der Berliner Feuerwehr, Sicherheits-Vorschriften aufgestellt, als deren wichtigste bauliche Bestimmungen folgende erwähnt seien:

„Abgesehen von dem Massivbau der Wände, der gluthsicheren Umhüllung der Eisenkonstruktionen, bezw. dem Blechbeschlag der alten Holzkonstruktionen, sind vor allem die Decken und Wände des Wolfes feuersicher herzustellen, und ist letzterer, ohne Verbindung mit Treppenhäusern und sonstigen Ausgängen, mit eigenen unmittelbaren Ausgängen, die ins Freie führen, anzulegen. Ueber den Oeffnungen, die zum Wolf führen, und 2 m seitlich derselben, sind in den oberen Geschossen Fenster und sonstige Oeffnungen nicht anzulegen. (Ist letzteres bei älteren Anlagen nicht ausführbar, so muss über der Oeffnung des Wolfraumes ein eisernes vorstehendes Schutzdach hergestellt werden.) Die Trockenräume und die Lagerräume dürfen nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit den Arbeitssälen stehen. Die Treppen sind mit frei liegenden Podesten (nach den von Henrici gemachten Vorschlägen, vergl. β, S. 371) anzulegen. Bei Entfernungen der Treppenhäuser von mehr als 20 m von einander, sind vor den Fenstern der Arbeitssäle Galerien herzustellen, die zu den Treppenhäusern führen, oder besondere Abstiege erhalten. Die Fussböden sind bei Neubauten massiv anzulegen. Die Fenster erhalten niedrige Sohlbänke, sind sämmtlich zum Oeffnen und nach aussen schlagend einzurichten. Als Heizung ist nur Zentralheizung, jedoch unter Ausschluss der Luftheizung, zulässig. Die Beleuchtung ist elektrisch einzurichten. In den Wolf- und Mischräumen sind die Glühlampen mit Schutzglocken zu versehen. Für die Sicherungen der Fahrstühle, Transmissionsöffnungen, Transportkanäle ist, wie in Abschnitt δ, S. 373 ausgeführt, Sorge zu tragen. Die einzelnen Maschinen sind durch Eisenblechschirme von einander zu trennen. Vor allem sind Sicherheitsvorkehrnngen für das Abstellen der Maschinen von den Arbeitsstellen aus zu treffen. Die weiteren Vorschriften beziehen sich auf die Vorhaltung

*) Ueber diese auf Selbstschutz gerichteten Bestrebungen ist im Jahrg. 1887, No. 47 des Centralbl. d. Bauverwaltg. ausführlich berichtet.

von Löscheinrichtungen (Feuerlöschbrausen sind zu empfehlen, s. später Abschnitt *o*, S. 384), Lärmvorrichtungen und Betriebseinrichtungen.

Die sächsische Landes-Brandversicherungs-Anstalt hat besondere Feuerschutz-Vorschriften für Spinnereien aufgestellt.

ϑ. Besonders feuergefährliche Lagerräume usw.

In München kann bei Bauten, die zur Lagerung grösserer Mengen leicht entzündlichen oder schwer zu löschenden Materials bestimmt sind, nach Umständen allseitig freie Lage vorgeschrieben werden. Ausserdem besteht daselbst eine besondere Verordnung, betr. die Verhütung von Feuersgefahr durch leicht feuerfangende Gegenstände vom 19. März 1874, nach welcher neue Fabrikräume zur Zubereitung oder Verarbeitung derartiger Stoffe in besonderen, nach allen Richtungen hin frei stehenden, von anderen Gebäuden wenigstens 25 m entfernten Gebäuden angelegt werden müssen. Als Stoffe, auf welche diese Vorschriften Anwendung zu finden haben, sind erklärt:

I. Ungereinigtes Petroleum, Petroleum-Aether, Benzin, Ligroin, Kamphin, Pinolin, Photogen, Schwefeläther und andere flüssige Aetherarten, Schwefelkohlenstoff (Schwefelalkohol):

II. Weingeist, Holzgeist, Terpentinöl, gereinigtes Petroleum, Solaröl:

III. Phosphor und Reibfeuerzeuge.

Nach diesen Vorschriften sind auch die Feuerungen so anzulegen, dass die Heizung von aussen geschieht; ebenso dürfen die Fabriksäle nur von aussen beleuchtet werden.

In Hamburg ist gleichfalls Beleuchtung derartiger Fabriksäle von aussen her vorgeschrieben. Die Flammen müssen ausserhalb der Arbeitsräume, hinter starken, durch Drahtgitter gegen Zertrümmerung geschützten Glasscheiben und so angebracht werden, dass sie von aussen angezündet und die Verbrennungsprodukte nach aussen abgeleitet werden.

Ganz besondere polizeiliche Vorschriften bestehen auch in Berlin für die Lagerung und Aufbewahrung feuergefährlicher Stoffe. Auf dieselben näher einzugehen, würde zu weit führen; sie seien daher hier nur kurz angeführt, nämlich:

1. Die Bekanntmachung vom 28. Oktober 1843, betr. die Verhütung er Selbstentzündung von Stein- und Braunkohlen.
2. Die Polizei-Verordnung vom 10. April 1851, betr. die Aufbewahrung von Brennmaterialien.
3. Die Polizei-Verordnung vom 25. Juli 1883, betr. den Verkehr mit Mineralölen.
4. Die Polizei-Verordnung vom 30. April 1891, betr. Lagerung und Aufbewahrung von Aether, Kollodium, Schwefelkohlenstoff und anderen feuergefährlichen Stoffen.
5. Die Polizei-Verordnung vom 13. Oktober 1893, betr. Spiritus-Lagerräume.

ι. Holzbearbeitungs-Werkstätten.

Die ausführlichsten Vorschriften für Holzbearbeitungs-Werkstätten bestehen in Berlin. Die bezügliche Bekanntmachung vom 28. April 1887 schreibt Folgendes vor:

1. Die Werkstätten müssen massive Umfassungswände haben.
2. Die Decken der Werkstätten sind, wenn sich oberhalb derselben Wohnungen befinden, feuerfest herzustellen; im übrigen ist, wenn sich keine Wohnungen darüber befinden, an hölzernen Decken alles Holzwerk zu berohren und zu beputzen; zur Erhaltung des Deckenputzes ist derselbe zweckmässig mit gewelltem Eisenblech zu bekleiden.
3. Zur Erwärmung der Werkstätten bei Winterszeit, oder zum Trocknen dürfen keinerlei Metallöfen oder metallene Röhrenleitungen benutzt werden. Die Oefen sind aus Stein oder Kacheln herzustellen und so einzurichten, dass sie nur von aussen oder von einem feuerfest hergestellten Vorgelege von mindestens 1 m Höhe und 0,5 m Tiefe aus geheizt werden können. Etwa vorhandene eiserne Abdeckungsplatten an den Oefen müssen mindestens mit zwei, in Verband in Lehmmörtel gelegten Dachsteinschichten bedeckt werden. Zur Abführung des Rauches von den Oefen zum Schornstein sind gemauerte Kanäle anzuwenden.

Für die vorgedachten Werkstätten, welche in einem oder mehreren mit einander verbundenen Räumen mehr als 30 qm Gundfläche aufweisen, gelten ausserdem folgende Vorschriften:

a. In Wohngebäuden dürfen Holzbearbeitungs-Werkstätten, sowie die dazu gehörigen Lagerräume nur dann eingerichtet werden, wenn sämmtliche oberhalb derselben gelegenen Wohnungen mindestens einen mit den Werkstätten und Lagerräumen gänzlich ausser Berührung stehenden Treppenaufgang haben und durch feuerfeste Decken von denselben getrennt sind.

b. Die zu den Werkstätten gehörenden Treppen müssen feuerfest, die von diesen zu den Werkstätten führenden Thüren von Eisen selbstthätig schliessend und nach aussen aufschlagend hergestellt werden. Die Thüren dürfen nicht an hölzernen Zargen oder Dübeln befestigt werden.

c. Für jede Werkstatt ist eine besondere Leimküche einzurichten, welche mit massiven Umfassungswänden zu versehen und zu überwölben ist; unter der Leimküche ist die Decke einschliesslich des Fussbodens durchweg aus unverbrennlichem Material herzustellen. Die Leimküche ist von der Werkstatt durch eine eiserne Thür abzuschliessen. Zwischen der Thür und dem Herde der Leimküche muss ein Abstand von mindestens 0,50 m vorhanden sein.
Sogen. Leimkamine sind unstatthaft.

d. Jede Werkstatt muss ein abgesondertes Spähne-Gelass haben, welches, im Keller oder zu ebener Erde gelegen, durch massive Wände von allen übrigen Räumen geschieden und gewölbt sein muss. Dasselbe muss vom Hofe aus einen besonderen Zugang haben, der durch eine eiserne oder mit Eisen beschlagene Thür verschliessbar ist

Für Drechslereien, Stellmachereien, Holzbildhauereien, das heisst für Holz-Bearbeitungs-Werkstätten, in welchen verhältnissmässig wenig Spähne erzeugt werden, gelten diese Vorschriften nur bedingungsweise, dagegen in allen Punkten ohne Ausnahmen für Tischlereien, Holzschneideanstalten und Fraiseanstalten. Für grössere Tischlereien empfiehlt es sich im übrigen, zur Vermeidung von Feuersgefahr, den Leim auf grossen, durch Dampf erhitzten Eisenplatten zu wärmen, auch die erzeugten Spähne von den Arbeitsmaschinen durch feuerfeste Kanäle absaugen zu lassen; so dass die Arbeitssäle vollständig frei von Spähne-Vorräthen bleiben.

ϰ. Gewerbliche Feuerungen.

Für grössere gewerbliche Feuerungen ist, um ein Platzen der Schornsteinwangen infolge der Einwirkung der Hitze zu vermeiden, die Herstellung der letzteren in grösserer Stärke als $^1/_2$ Stein erforderlich, selbst dann, wenn die Standfähigkeit des Schornsteines eine geringere Stärke zulassen würde. Hierzu sind zu rechnen u. a.: Glühöfen, Bolzenöfen in Plättanstalten, Trockenöfen in Färbereien, Darren in Brauereien, Porzellanbrennöfen, Lackierereien und grosse Konditoreien, grössere Restaurationsküchen sowie einzelne Kleinmotoren.

Werden auf Herden brennbare Flüssigkeiten in grösseren Mengen gekocht (destillirt), so ist nach Umständen ein erhöhter Rand um die obere Herdfläche herzustellen. Die Eingusstelle muss so liegen, dass der Arbeiter beim Giessen nicht unmittelbar vor der Feuerungsthür steht.

Beim Kochen von Theer, Bohnermasse, Firniss usw. ist stets Aufsicht nöthig, da leicht Erwärmung und Ueberkochen stattfindet. Bohnermasse und Firniss sollen nur auf geschlossenen Herdplatten (also solchen ohne Kochlöcher und Ringe) erwärmt werden.

Sehr ausführliche Bauvorschriften über gewerbliche Feuerungen bestehen in München. Von denselben seien als besonders wichtig nachstehende aufgeführt:

Die Feuerungsräume der Brenn- und Dampfkessel, der Malzdarren und ähnlicher Anlagen wie auch der Warmwasser- und Luftheizungen, müssen ringsum frei stehen, so dass zwischen den äusseren Seiten ihrer Ummauerung und den Umfassungswänden der Lokalitäten, worin sie stehen, ein freier Luftraum von wenigstens 0,30 m verbleibt.

Bei Brennereien und sonstigen Rektifikations-Einrichtungen, Trockenkammern, sowie bei Kesseln, worin Talg und Fett geschmolzen oder Oele gekocht werden, und bei der Bearbeitung leicht entzündlicher Stoffe sind die Heizöffnungen stets ausserhalb des Betriebsraumes anzubringen.

Die Kamine zu solchen Anlagen sollen besteigbar sein und in der Höhe von 6 m über dem Feuerherde mindestens die Wangen- oder Wandungsstärke von ein Stein haben; von dieser Wange ist alles Holz 0,25 m entfernt zu halten.

Gehen solche Kamine durch Räume, in welchen brennbare Gegenstände lagern, so sind sie daselbst mit feuersicheren Mänteln zu versehen.

Dunstabzüge bei Darren müssen aus Mauerwerk oder anderem, nicht brennbarem Material ausgeführt und mit selbstschliessenden metallenen Klappen versehen werden.

In den Thüröffnungen, welche zu Brenn-, Rektifikations- und Destillirräumen führen, sind mindestens 0,15 m hohe feuersichere Schwellen anzulegen, ferner sind in diesen Räumen Gruben herzustellen, die ein grösseres Volumen als die Betriebsapparate fassen.

Bei Trockenkammern, die eine Wärme von mehr als 30° R. erfordern, müssen da, wo es für nöthig erachtet wird, doppelte Thüren und vor den Fenstern

eiserne Läden angebracht werden. Diese, wie auch etwa vorhandene Luftklappen, sind so einzurichten, dass sie bei einem in der Trockenkammer entstehenden Feuer sich von selbst schliessen oder von aussen leicht geschlossen werden können.

Die Decken dieser Räume müssen eingewölbt werden.

Die Heizapparate, sowie die Heizkanäle oder Heizrohre in solchen Anstalten müssen durch darüber in der Entfernung von 0,30 m anzubringende Blechtafeln von genügender Grösse oder, wenn es statthaft ist, durch Drahtgitter geschützt werden; wo die Heizkanäle oder Heizrohre unmittelbar unter dem Fussboden durchgeführt werden, müssen sie mit doppeltem Steinbelag verbandsmässig überdeckt sein.

Für die Oefen zum Betriebe von Konditoreien, Bäckereien und sonstigen Geschäften mit gewöhnlichen Feuerungen wird ausser der üblichen Isolirung der nicht massiven Fussböden noch vorgeschrieben, dass, wenn dieselben nicht in gewölbten Räumen stehen, die Decken darüber zu verputzen sind; im übrigen muss zwischen diesen Decken und der oberen Fläche des Ofens ein freier Raum von mindestens 0,60 m, gegen den Nachbar ein solcher von 0,30 m verbleiben.

Bei Betrieb mit offenem Feuer sind über den Herden feuerfeste Mäntel anzubringen.

Räucherkammern sind auf feuerfester Unterlage an Wänden und Decken massiv auszuführen und die Oeffnungen mit metallenen Thüren dicht zu schliessen. Werden sie auf dem Dachraum ausgeführt, so müssen Doppelthüren von Metall an den Eingängen dieser Kammern angebracht werden.

Nach den Hamburger Vorschriften darf eine Räucherkammer nur an einen besteigbaren Schornstein angeschlossen werden. Die Feueressen der Schmiede, Schlosser, Mechaniker, Wagenbauer und ähnlicher Gewerbe müssen auf festem Grund oder auf massive Gewölbe zu stehen kommen, Gewölbe unter dem Herde und massive oder feuerfeste Kappen oder Mäntel über demselben erhalten. Die Rückwand der Esse muss mindestens 0,25 m stark sein und von der Umfassungsmauer, wenn diese nicht massiv ist, wenigstens 0,30 m entfernt bleiben. Der Fussboden und die Decke ist von der freien Seite der Esse auf angemessene Entfernung, ersterer mit Steinen oder einem anderen feuerfesten Material zu belegen, letztere mit Mörtel zu verputzen.

λ. Kesselhäuser und Dampfkessel.

Die Anlage von Kesselhäusern und Dampfkesselanlagen ist für das Deutsche Reich auf Grund des § 24 der R. G. O. einheitlich durch die Bekanntmachung des Reichkanzlers v. 5. August 1890 geregelt.*) Von den bezügl. Bestimmungen sind für die Bautechniker die §§ 14 und 15, betr. Aufstellung der Dampfkessel, besonders wichtig:

Dampfkessel, welche für mehr als 6 Atm. Ueberdruck bestimmt sind, und solche, bei welchen das Produkt aus der feuerberührten Fläche in Quadratmetern und der Dampfspannung in Atm. Ueberdruck mehr als 30 beträgt, dürfen unter Räumen, in welchen Menschen sich aufzuhalten pflegen, nicht aufgestellt werden. Innerhalb solcher Räume ist ihre Aufstellung unzulässig, wenn dieselben überwölbt oder mit fester Balkendecke versehen sind.

An jedem Dampfkessel, welcher unter Räumen, in denen Menschen sich aufzuhalten pflegen, aufgestellt wird, muss die Feuerung so eingerichtet sein, dass die Einwirkung des Feuers auf den Kessel sofort gehemmt werden kann.

Dampfkessel, welche aus Siederöhren von weniger als 10 cm Weite bestehen, und solche, welche in Bergwerken unterirdisch, oder in Schiffen aufgestellt werden, unterliegen diesen Bestimmungen nicht.

Zwischen dem Mauerwerk, welches den Feuerraum und die Feuerzüge feststehender Dampfkessel einschliesst, und den dasselbe umgebenden Wänden muss ein Zwischenraum von mindestens 8 cm verbleiben, welcher oben abgedeckt und an den Enden verschlossen werden darf.

Die Einrichtung von Dampfkesseln wird in neuester Zeit auch für Geschäftshäuser, in welchen keine Gewerbe mit Arbeitsmaschinen betrieben werden, sowie in grösseren öffentlichen Gebäuden für die verschiedensten Zwecke erforderlich, wie Heben von Druckwasser für hydraulische Aufzüge, Dampfheizungen mit höherer Spannung, Drucklüftungen, elektrische Beleuchtung und Motoren. Bei beschränktem Raum im Inneren der Städte wird die Aufstellung der Dampfkessel im Hauptgebäude, so wenig wie dieselbe auch im Interesse der Feuersicherheit

*) Vergl. den Deutschen Baukalender (Jahrg. 1902, Th. I, S. 41 u. ff.).

erwünscht ist, nicht zu vermeiden sein. Es werden alsdann, da Kessel, deren Produkt aus feuerberührter Fläche und Dampfspannung nicht mehr als 30 beträgt, selten genügen, meistens Röhrenkessel Verwendung finden müssen

Ist auf dem Grundstück ausreichender Raum für die Anlage eines besonderen Kesselhauses, welches immer vorzuziehen ist, vorhanden, so wird, falls die Verbindung mit dem Raum für die Dampfmaschine nicht den einseitigen Anschluss an das Hauptgebäude erforderlich macht, dasselbe möglichst weit vom Hauptgebäude an versteckter Stelle anzulegen sein.

Ist der Bau eines frei stehenden Schornsteins für das Kesselhaus aus ästhetischen oder sonstigen Gründen nicht erwünscht, so bleibt der Ausweg, den Schornstein innerhalb des Hauptgebäudes anzulegen und mit dem Kesselhaus durch einen unterirdischen Fuchs in Verbindung zu setzen. Es muss alsdann jedoch für die grösste Isolirung des Schornsteines von dem Gebäudeinneren Sorge getragen werden. Beim Umbau des Universitätsgebäudes zu Berlin ist dies dadurch erreicht, dass der aus starken gusseisernen Röhren hergestellte Schornstein frei inmitten eines breiteren, von massiven Mauern umgebenen Schachtes aufgestellt ist. Dieser Schacht ist ähnlich, wie der in Fig. 983 u. 984 dargestellte, innerhalb eines Treppenhauses so angelegt, dass er leicht zugänglich bleibt.

Fig. 990.

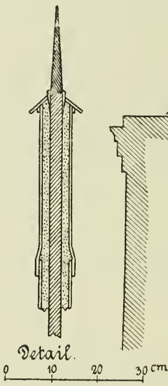
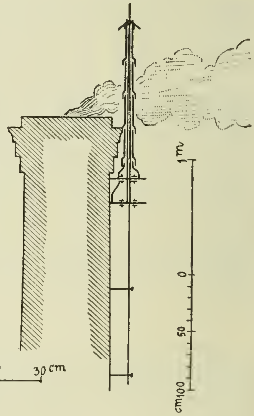


Fig. 991.



Besondere Sicherheits-Maassregeln sind bei der Anordnung von Blitzableitern auf den Köpfen von Fabrikschornsteinen anzuwenden. Wie ein in D. Bauztg. 1893, No. 54 beschriebener Fall lehrt, werden die Auffangstangen von den Verbrennungsgasen schnell angegriffen und zerstört. Als Schutzmittel wird von Ingenieur Breuer eine Umschliessung der Stange unterhalb der Platinspitze mittels gläserner Muffenröhren vorgeschlagen, wie solche von der Glashütte „Carlswerk“ in Bunzlau eigens zu dem genannten Zwecke hergestellt werden, Fig. 990 u. 991.

Den Bestimmungen über Konzessionirung der Dampfkessel unterliegen nach § 22 der genannten Verordnung folgende Apparate nicht:*)

1. Kochgefässe, in welchen mittels Dampfes, der einem anderweitigen Dampfentwickler entnommen ist, gekocht wird;
2. Dampfüberhitzer oder Behälter, in welchen Dampf, der einem anderweitigen Dampfentwickler entnommen ist, durch Einwirkung von Feuer besonders erhitzt wird;
3. Kochkessel, in welchen Dampf aus Wasser durch Einwirkung von Feuer erzeugt wird, wofern dieselben mit der Atmosphäre durch ein unverschliessbares, in den Wasserraum hinabreichendes Standrohr von nicht über 5 m Höhe und mindestens 8 cm Weite oder durch eine andere von der Zentralbehörde des Bundesstaates genehmigte Sicherheitsvorrichtung vorhanden sind.

Hierzu werden zu rechnen sein die Niederdruck-Dampfheizungen, Warmwasser-, Heisswasser- usw. Heizungen, Menagekochkessel, in welchen Speisen mit Dampf gekocht werden.

Anstelle des 5m hohen, 8cm weiten, in den Wasserraum reichenden Standrohres ist es durch Min.-Erlass vom 14. 4. 1898 in Preussen allgemein gestattet worden, vom Dampfraum ausgehende nicht abschliessbare Rohre in Heberform oder mit mehreren auf- und absteigenden Schenkeln anzuwenden, deren aufsteigende Aeste zusammen bei Wasserfüllung nicht über 5m, bei Quecksilberfüllung nicht über 0,37m Höhe haben dürfen, während der lichte Durchmesser je nach der wasserberührten Heizfläche 25—80mm betragen muss.

Durch Erlass des Ministers für Handel und Gewerbe vom 5. Februar 1901 ist angeordnet worden, dass die fiskalischen Feuerungsanlagen mit Rauchverhütungs-Einrichtungen versehen werden. Von der Durchführung eines polizeilichen Rauchverbots ist vorläufig noch abgesehen worden in der Voraussetzung, dass die Industrie sich veranlasst sehen werde, der Frage der Rauchverhütung erhöhtes Interesse entgegenzubringen.

*) Vergl. auch die preuss. Polizei-Verordnung vom 1. April 1899 betr. Einrichtung und Betrieb von Dampffässern.

Die österreichischen Bestimmungen für Dampfkesselanlagen weichen insofern von den deutschen Bestimmungen ab, als neben den grossen und kleinen Kesseln noch Zwergkessel unterschieden werden und für letztere besondere Erleichterungen vorgesehen sind. Grosse Kessel sollen nach Möglichkeit in versenkt gelegten Räumen und entfernt von Wohngebäuden aufgestellt werden. Von Arbeitsräumen müssen die Kesselhäuser für grosse Kessel durch eine volle Mauer von mindestens 60 cm Stärke getrennt sein; dieselben dürfen nur leicht überdeckt, nicht überbaut und in keinem Falle gewölbt sein.

Kleinkessel, deren Durchmesser 1,2 m, deren Wasserfüllung 1 cbm und deren Dampfdruck 6 Atmosphären nicht übersteigt, dürfen in bewohnten Häusern und frei in Werkstätten aufgestellt werden, wenn:

1. die unmittelbar darüber befindlichen Räume nicht bewohnt werden,
2. der Schornstein, der auch ein gewöhnlicher Rauchschlot sein kann, mindestens die Höhe des Dachfirstes der unmittelbar angrenzenden Wohnhäuser überragt,
3. der Kessel wenigstens 3 m von jeder Nachbargrenze entfernt bleibt.

Zwergkessel, d. h. solche, deren Durchmesser 0,8 m, deren Wasserfüllung 0,5 cbm, deren Dampfdruck vier Atmosphären nicht übersteigt, unterliegen hinsichtlich ihrer Aufstellung lediglich den für Anlage von Feuerungen geltenden Vorschriften.

Gaskraftmaschinen, Heissluftmaschinen und ähnliche durch Elementarkräfte arbeitende Motoren sind, wenn sie geräuschlos arbeiten, wie Zwergkessel zu behandeln.

μ. Mühlen.

Die in Mahlmühlen und ähnlichen Anlagen zur Verhütung von Explosionen erforderlichen Vorkehrungen sind hier nicht berücksichtigt. Ueber einen besonderen Fall, welcher in der Litteratur eine sehr ausführliche Behandlung gefunden hat (die Explosion der Wesermühle in Hameln) ist das Centralbl. d. Bauverwaltg., Jahrg. 1887, zu vergleichen.*)

Mit Rücksicht auf die Brandgefahr, welche durch die Nähe und den Betrieb einer Getreide-, Loh-, Oel- oder Schneidemühle für die Nachbarschaft entsteht, sind Wohn-, Wirthschaftsgebäude, Lagerhäuser usw. isolirt von dem eigentlichen Mühlengebäude zu errichten. Nach den von der Landesfeuersozietät Sachsen 1889 herausgegebenen „Rathschlägen für die Verminderung der Feuersgefahr in dergleichen Anlagen" ist die Isolirung als vorhanden anzusehen, wenn bei massiver Bauart ein Zwischenraum von mindestens 10 m, bei Fachwerksbau ein solcher von wenigstens 15 m vorhanden ist. Bei sehr grossen Mühlenanlagen, namentlich bei Holzschneidemühlen sind die Entfernungen um die Hälfte zu erweitern.

Bei der Anlage von Windmühlen ist zugleich auf Vorkehrungen zum Schutz der Vorübergehenden gegen Verletzungen durch die Flügel der Mühle Bedacht zu nehmen, und ist die Errichtung von Windmühlen z. B. in Schleswig-Holstein und Hannover nur in erheblicher Entfernung von öffentlichen Wegen gestattet.

ν. Beleuchtung.

1. Gasbeleuchtung.

Bei der Anlage von Fabriken und Lagergebäuden sowie Werkstätten ist auch auf möglichste Feuersicherheit der Beleuchtung Bedacht zu nehmen.

Sicherungsmaassregeln bei Gasanlagen sind an anderer Stelle des Buches behandelt.**) Es ist Sorge zu tragen, dass auch die einzelne Gasflamme nicht Ursache von Bränden wird. Erforderlichenfalls sind die Flammen auf festen Armen anzubringen und durch Glasglocken, welche mit Draht umspannt sind, oder durch Drahtkörbe gegen die Berührung mit brennbaren Stoffen zu schützen. Ueber den Flammen sind genügend grosse „Blaker" anzuordnen.

Alle diese Vorrichtungen sind jedenfalls erforderlich in Packräumen und Lagerräumen, in welchen mit Stroh hantirt bezw. verpackt wird. Dagegen sind Drahtschutzkörbe unpraktisch in Räumen, in welchen Gegenstände verarbeitet

*) S. auch Dtsche. Bauztg. 1888, S. 49.

**) Vergl. Bd. I, Theil 2, Der Ausbau der Gebäude, Hauptabschnitt X. Beleuchtung, insbesondere mit Gas.

werden, von denen kleine Theilchen umherfliegen und viel Staub entsteht. (Mühlen, Spinnereien, Wattefabriken, Holzbearbeitungs-Anstalten mit Säge- und Hobelbetrieb.)

In Gängen, in denen Sachen transportirt werden, müssen die Flammen so angebracht werden, dass dieselben nicht mit getragenen Gegenständen in Berührung kommen. Wenn drehbare Gasarme brennbare Stoffe erreichen können, sind sie in ihrer Beweglichkeit durch Anschlagklammern (Gabeln) zu begrenzen.

Hängelampen sind sicher zu befestigen und von brennbaren Gegenständen nach oben wenigstens 1 m, unterhalb und seitlich 0,25 m entfernt zu halten. Bei geringerer Entfernung sind etwa 15 cm grosse Blaker feuersicher anzubringen. Unverputzte Holzdecken sind ausserdem durch eiserne Schutzbleche so zu sichern, dass über dem Blech ein wenigstens 2,5 cm hoher Raum verbleibt.

Für Schlauchverbindungen der Beleuchtungskörper sind nur Metallschläuche oder mit Asbest umsponnene Gummischläuche zulässig.

Die Gasmesser sind nicht unter Treppen, vielmehr in einem feuerfest umschlossenen, Licht und Luft von aussen erhaltenden Raum aufzustellen. Die Gasleitung muss auch ausserhalb des Gebäudes leicht abstellbar sein.

Zur Anzündung der Gaslampen sind elektrische Fernzünder zu empfehlen.

2. Elektrische Beleuchtung.

Die Gefahr der elektrischen Beleuchtung beruht einmal in der Möglichkeit der Verletzung von Personen durch Berührung mit den Leitungen, andererseits in der Feuersgefahr. Letztere ist jedenfalls geringer als bei irgend einer anderen Beleuchtungsart, besonders wenn bei der Anlage die vom Verbande deutscher Elektrotechniker herausgegebenen Sicherheitsvorschriften beachtet werden, auf die mit Rücksicht auf ihren Umfang hier nur hingewiesen werden kann.

Dieselben zerfallen in:

1. Sicherheitsvorschriften für Starkstrom-Anlagen bis 250 Volt, 1898.
2. Desgl. für Mittelspannungsanlagen von 250 bis 1000 Volt, 1900.
3. Desgl. für Hochspannungsanlagen über 1000 Volt, 1898.

Elektrische Beleuchtungskörper sind thunlichst über den Gängen anzuordnen. Sie dürfen sich nicht in der unmittelbaren Nähe leicht brennbarer Stoffe befinden oder von solchen Stoffen umhüllt werden.

In Geschäfts-, Lager- und Arbeitsräumen, sowie in Schaukästen müssen freiliegende elektrische Leitungen bis zur Decke in Isolirrohre mit Metallüberzug verlegt oder durch sonstige der Luft den Zutritt gestattende Schutzverkleidungen gegen Beschädigung gesichert werden. Insoweit eine Beschädigung möglich, sind auch die Leitungen unter der Decke besonders zu schützen.

Glühlampen, die sich in der Nähe brennbarer Stoffe befinden oder von brennbaren Stoffen berührt werden können, sind durch eine zweite Glocke oder in ähnlich sicherer Weise zu schützen.

Bogenlampen müssen wenigstens 10 cm grosse Teller erhalten, die das Herabfallen glühender Kohlentheilchen sicher verhüten, gläserne Aschenteller sind unzulässig.

Bei Bogenlampen mit eingeschlossenem Lichtbogen (Dauerbrand-Lampen) sind jedoch besondere Aschenteller nicht erforderlich.

Schaufenster dürfen nur von der Strasse oder in der Art beleuchtet werden, dass sich zwischen dem Schaufenster und den Beleuchtungskörpern nebst Leitungen eine starke Glasscheibe befindet. Leitungen oder Beleuchtungskörper im Inneren der Schaufenster sind unzulässig.

Bei Schaufenstern, welche feuersicher gegen die Innenräume abgeschlossen sind, können in dem obersten, von brennbaren Gegenständen völlig frei zu haltenden Raume Glühlampen und elektrische Leitungen zugelassen werden; die Glühlampen müssen jedoch eine besondere Schutzglocke erhalten und die Leitungen in Rohren verlegt werden.

3. Petroleum-Beleuchtung.

Für Petroleum-Beleuchtung sind folgende Vorsichtsmaassregeln zu beachten:

Ueber Lagerung von Petroleum in grösseren Mengen bestehen ortspolizeiliche Bestimmungen. Kleinere Mengen für den Tagesbedarf unterliegen keinen Ein-

schränkungen; doch sollen die Gefässe nicht in der Nähe von Feuerungen aufbewahrt werden, auch keine schmelzbaren (Zinn-) Hähne haben. Petroleumlampen sollen, wenn irgend möglich, ausserhalb der Werkstätten und Lagerräume angezündet und erst dann in Gebrauch genommen werden. Am zweckmässigsten ist es, eine besondere Lampenkammer einzurichten und die Zurichtung der Lampen, das Anzünden und den Transport, einem zuverlässigen Arbeiter zu übertragen. Petroleum-Hängelampen sind möglichst sicher an metallenen Ketten und mindestens 1,10 m mit Zylinderoberkante von verbrennlichen Decken entfernt, aufzuhängen. Blakerbleche über derartigen Hängelampen sollen ihre Befestigung an der Lampe, nicht aber am Deckenhaken erhalten.

Petroleum darf in ausgedehnten Verkaufsräumen überhaupt nicht verwendet werden, in Betriebs- und Lagerräumen nur von 40^0 Abel-Test an (Kaiseröl, Salonöl). In Räumen für besonders leicht entzündliche Gegenstände ist nur die Benutzung von schweren Mineralölen von über 100^0 Abel-Test statthaft.

Stehlampen müssen einen breiten und standhaften Fuss haben.

4. Acetylen-Beleuchtung.

Ueber die Erzeugung und Aufbewahrung von Acetylen giebt die Polizei-Verordnung für Berlin vom 25. November 1897 eingehende Bestimmungen, aus denen die für den Bautechniker wichtigen nachstehend wiedergegeben seien:

Die Entwicklung und Aufbewahrung von Acetylen darf nicht in oder unter bewohnten Räumen und nicht in Kellern erfolgen. Die Räume, in denen die Gasentwicklung stattfindet, müssen durch eine Brandmauer oder einen isolirenden Luftraum von Wohnräumen getrennt sein. Die Gasentwickler dürfen nur unter leichter Bedachung aufgestellt werden.

Diese Räume müssen hell, geräumig und gut gelüftet sein, dürfen nur durch Dampfheizung oder Wasserheizung erwärmt und nicht mit Licht betreten werden. Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen. Die Entlüftungsrohre der Räume und der Gasentwickler dürfen nicht in Schornsteine münden; die Entlüftungsrohre der Gasentwickler sind bis über Dach zu führen. Die Apparate zur Entwicklung und Aufbewahrung von Acetylengas müssen so eingerichtet sein, dass in ihnen kein höherer als ein Ueberdruck von einer Atmosphäre sich bilden kann.

An den Entwicklungsapparaten, Gasbehältern und Gasleitungen dürfen keine aus Kupfer bestehenden Theile angebracht sein.

Calciumcarbid und andere Carbide dürfen in Mengen von mehr als 10 kg nur in wasserdicht verschlossenen Gefässen und in trockenen, hellen, gut gelüfteten Räumen aufbewahrt werden.

Die mit flüssigem oder verdichtetem Acetylen gefüllten Flaschen sind gegen die Einwirkung von Sonnenstrahlen und Ofenwärme zu schützen.

5. Zentral-Heizungen.

In städtischen Geschäftshäusern wird die Heizanlage für die Zentralheizung, um an werthvollen Räumen in den Geschossen zu sparen, meistens im Keller angelegt. Es empfiehlt sich, diesen Heizraum durch massive Wände von den übrigen Kellerräumen zu trennen und durch einen besonderen Zugang vom Hofe aus zugänglich zu machen. In Fabriken wird häufig der abgehende Dampf der Maschinen zu Heizzwecken benutzt. Die Wanddurchbrechungen für Dampf- und Heizrohre sind ebenso, wie die für Wellen, möglichst abzudichten. Bei der Durchführung der Dampfrohre, selbst wenn dieselben ganz niedrig gespannten Dampf, wie etwa das Abblaserohr der Maschine enthalten, durch hölzerne Balkenlagen sind Isolirungen erforderlich. (Weitere Thonrohr-Muffen und Ausfüllung des Zwischenraumes mit unverbrennlichem Material.) Es ist auch dafür Sorge zu tragen, dass auf und neben den Dampfrohren keine leicht brennbaren oder gar zur Selbstenzündung neigenden Stoffe (z. B. ölige Wollwaaren für Trikot-Fabrikation) lagern können. Die Verpackung von Dampfrohren darf nicht mit brennbaren Stoffen ausgeführt oder mit solchen umhüllt sein; die Flanschen dürfen nicht mitverpackt werden. Bei langen Strecken und besonders gefähr-

lichen Betrieben ist die Verpackung nach Bedarf durch sogen. falsche Flanschen zu unterbrechen.

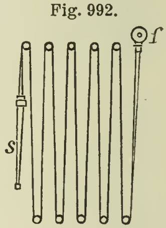
Als Füllstoffe bei den Ummantelungen der Ausdehnungsgefässe von Warmwasserheizanlagen sind unorganische Stoffe, z. B. Infusorienerde, Bimssand zu verwenden. Koksasche erscheint für diesen Zweck nicht geeignet, weil sie bei Schwefelgehalt und hinzutretender Feuchtigkeit das Eisen der Gefässe angreifen kann.

o. Löscheinrichtungen.

Die einfachsten Löschgeräthe, Eimer mit Wasser, sind die besten und sichersten, da Jeder mit denselben umzugehen versteht. Sehr gute Löschgeräthe sind einfache Zapfhähne, und einige darunter oder darüber angebrachte Eimer. Die bezeichneten Löschgeräthe, ebenso Wasserhähne mit Schläuchen, werden am besten auf den Fluren, Treppenpodesten, sowie an Thüren angebracht, wo die Arbeiter auch ihren Rückzug gesichert sehen. Die vorhandenen Löschgeräthe müssen zeitweise sorgfältig nachgesehen werden. Ist keine Wasserleitung von genügendem Druck vorhanden, so sind besondere Wasserbehälter an den höchst gelegenen Stellen der Gebäude aufzustellen, welche zugleich das Druckwasser für die Aufzüge liefern können.

Bei den Hamburger Speicheranlagen findet der eingerichtete ausgedehnte Druckwasser-Betrieb für die Krahne usw. gleichzeitig auch geeignete Nutzanwendung für die Anlage zahlreicher Hydranten in den Speicher-Treppenhäusern. Ist am Orte eine organisirte Feuerwehr vorhanden, so wird sich der Fabrikherr über die zweckmässigste Anlage der Feuerhähne und Hydranten mit derselben in Verbindung setzen. Bei abgesondert liegenden grösseren Fabrikanlagen ist ein Theil der Arbeiter als Feuerwehr auszubilden und sind dann auch die nöthigen grösseren Feuerlöschapparate, als Spritzen, Leitern, Wasserwagen usw. zu beschaffen. (So besitzt z. B. die kaiserliche Werft zu Kiel und das bürgerliche Brauhaus zu Pilsen eine ausgebildete Feuerwehr nebst den erforderlichen Kasernen.) Wenn weibliche Personen in feuergefährlichen Betrieben beschäftigt sind, so ist die Beschaffung von Löschdecken, wie solche in Theatern eingeführt sind, nothwendig. Ist ein Rauchverbot nöthig, so sind in den betr. Räumen grosse Plakate anzubringen.

Fig. 992.



f = Feuerhahn.
s = Strahlrohr.

Bei grösseren Fabrikbetrieben, welche nur bei Tage arbeiten, sind Vorkehrungen zur schnellen Meldung eines Nachts ausbrechenden Feuers zu treffen. Hierzu können selbstthätige Feuermelder benutzt werden; oder es sind Nachtwächter anzustellen und zu regelmässigen Rundgängen anzuhalten. Die selbstthätigen Apparate, bei welchen hauptsächlich die Eigenschaft der verschiedenen Metalle, sich in der Wärme ungleich auszudehnen, benutzt wird, haben den Nachtheil, dass sie in der Regel das Feuer erst melden, wenn der ganze Raum, in dem dieselben aufgestellt sind, beginnt sich anzuwärmen. Derartige Apparate sind von Oskar Schippe, Telegraphen-Bauanstalt in Leipzig, von Richard Schwarzkopf in Berlin und von M. Herren konstruirt. Die Anstellung von Nachtwächtern hat gleichfalls nur dann sicheren Erfolg, wenn diese zur regelmässigen Ausführung ihrer Rundgänge durch Anbringung von Kontroll- und Registrirapparaten gezwungen werden.

Feuerhähne. Werden im Inneren der Gebäude Feuerhähne mit Schläuchen angelegt, so ist neben der Lage derselben auch auf die zweckmässigste Anordnung des Schlauches Bedacht zu nehmen. Im Centralbl. d. Bauverwaltg. 1886 No. 18 empfiehlt Leonhardt, die Schläuche nicht in gerolltem Zustande aufzubewahren, sondern vielmehr nach Fig. 992 an der Wand über Riegel auf und ab zu führen. Es kann dann das Ende des Schlauches stets fest mit dem Feuerhahn verschraubt bleiben, während beim aufgerollten Schlauch diese Verschraubung erst nach der Aufrollung hergestellt werden kann. Feuerhahn und Schlauch sind durch einen kleinen Schrank ohne Rückwand zu umkleiden. Eine ähnliche Aufhängung der Schläuche, F. Schulze in Osnabrück patentirt, ist in No. 33 Jahrg. 1894 des Centralbl. der Bauverwaltg. beschrieben. Abgesehen von wenig ausgedehnten Räumlichkeiten, sind 15 m Schlauchlänge wünschenswerth. Die Grössenverhältnisse

der Hähne müssen den jeweiligen Zwecken angepasst werden. Für Wohnräume sind meistens 25^{mm} Durchmesser ausreichend; dagegen sind da, wo leicht brennbare, bezw. sehr werthvolle Sachen lagern, je nach den Umständen, Hähne von 40 bezw. 50^{mm} Durchmesser zu verwenden.

Die feste Verbindung zwischen Schlauch und Feuerhahn wird auch bei einem auf eine Trommel aufgerollten Schlauch erzielt, wenn die unter No. 32, Jahrg. 1886 des Centralbl. d. Bauverwaltg. beschriebene patentirte Anordnung gewählt wird. Die Drehung bezw. Abwicklung des Schlauches kann entweder dadurch ermöglicht werden, dass die hohle Axe der Trommel kükenartig in das Wasserrohr eingesetzt wird, oder indem sich die Trommel auf einem festen Stutzen des Wasserrohres mittels eines hohlen Ringstückes dreht; letztere Anordnung ist in Fig. 993—996 dargestellt.

Fig. 993.

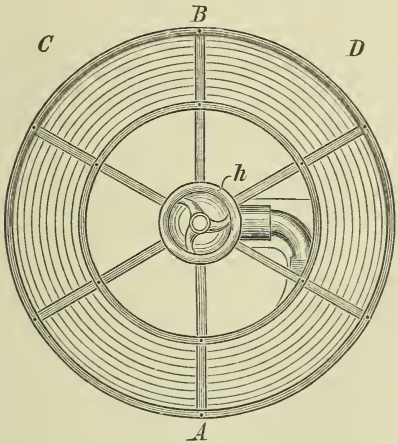


Fig. 994.

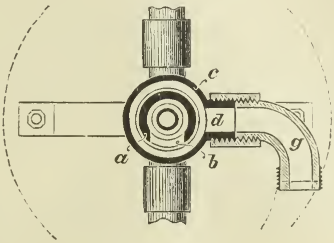


Fig. 995.

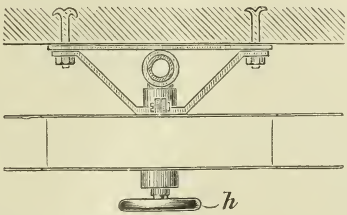
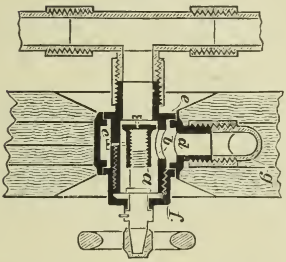


Fig. 996.



a. Niederschraubhahn.
b. Oeffnung
c. Drehbare Hülse.
g. Bogenstück, an welches der Schlauch angeschraubt ist.
e. Ringförmige Backe.
f. Verschlusskappe.
h. Rad zum Stellen des Hahnes.

Es sei zum Schluss noch ein aus Amerika stammender selbstthätiger Löschapparat erwähnt, welcher mit der in Theatern üblichen Regenrohreinrichtung Aehnlichkeit hat, der Apparat F. Grinnel, der zurzeit auch in Deutschland von Walther & Co. in Kalk a. Rhein geliefert wird. Er besteht im wesentlichen aus im Raum vertheilten Brausen, welche je eine Fläche von 9^{qm} bespritzen. Die Brausen treten in Thätigkeit, sobald die Lufttemperatur in der Nähe 70^{0} erreicht, bei welcher Temperatur die den Verschluss der Brause bildenden Verlöthungen schmelzen. Mit der Einrichtung pflegen Alarmsignale verbunden zu werden.

Auf demselben Grundgedanken der Anwendung schmelzbaren Metalls beruht die Löschbrause von Parmeler in New-Haven. Diese in Amerika und England weitverbreiteten „Sprinklers“ haben jetzt auch in Deutschland mehr Eingang gefunden, in Spinnereien werden sie besonders verwendet. Die selbstthätige Feuerlöschbrause — Linser-Brause — bietet durch eine Verbesserung den Vorzug schnellen Abstellens nach dem Gebrauch, sie ermöglicht ein Schliessen der geöffneten Brause ohne vorherige Entleerung der Zweigleitungen.

In Staatsgebäuden der Provinzial-Regierungen, in Archiven usw. finden die Extincteure, Feuer-Annihilatoren, Löschdosen Aufstellung und Verwendung zur etwaigen schleunigen Erstickung eines kleinen im Entstehen begriffenen Schadenfeuers. Der praktische Feuerwehrmann befreundet sich nicht mit diesen künstlichen Löschmitteln oder Chemikalien. Sie lassen sich eintheilen in solche, die durch Verdrängen der Luft, d. h. durch ihre eigene Explosion wirken (Bucher'sche Löschdose), und solche, die unverbrennliche Gase, Stickstoff, Chlor, schweflige Säure oder Kohlensäure erzeugen (Salmiakgeist und Chloroform), endlich in solche, die den brennenden Körper mit einer unverbrennlichen Schicht umgeben (Lösung von Salzen und Erden, wie Alaun und Thonerde). —

III. Sicherungen für Theater, Zirkusanlagen und Versammlungssäle.

Neuere Litteratur.

a) Sonder-Veröffentlichungen:

Festschrift zur Eröffnung des Theaters in Halle a. S. Das städt. Spiel- und Festhaus zu Worms von Otto March 1890. Modern Opera Houses and Theatres,*) Edwin O. Sachs, London 1897. Desgl. von demselben Verf.: Stage Construktion, Examples of modern Stages, selected from Playhouses recently erected in Europe 1898. F. W. Büsing, Die Sicherheit in Theatern, Handb. d. Hygiene, Bd. 6, Heft 2, 1894. Dr. Bayer, Das neue Hofburgtheater in Wien 1896 aus: Die Theater Wiens, 3. Bd.

Deutsches Bauhandbuch, Baukunde des Architekten, Bd. II, Th. 3, Theater, Konzert- und Versammlungssäle usw., Berlin 1900.

Polizeiverordnung betr. die bauliche Anlage und die neuere Einrichtung von Theatern, Zirkusgebäuden und öffentl. Versammlungssälen, Berlin 1889, nebst Erläuterungen, Abänderungen der Abschnitte II und III dieser Verordnung vom 18. März 1891.

b) Mittheilungen in Zeitschriften mit Abbildungen.

Zeitschr. f. Bauwesen 1889: Das Lessingtheater zu Berlin 1889. Elektrische Beleuchtungsanlage des kgl. Opernhauses zu Berlin.

Centralbl. der Bauverw. 1888 No. 43: Theaterneubauten in London. 1889 No. 28: Theater der Ausstellung für Unfallverhütung. 1892 No. 41: Umbau des Schauspielhauses zu Berlin. 1894 No. 39: Umbau des Gürzenich-Saales in Köln. 1901: Das Prinzregenten-Theater in München.

Deutsche Bauztg. 1883 No. 43: Konkurrenz für den Entwurf zu einem Muster-Theater. 1885 No. 47: Der Neubau des Hoftheaters zu Schwerin. 1887 No. 51: Die Bühneneinrichtung des Hallenser Theaters. 1892 No. 91: Das Theater unter den Linden zu Berlin. 1893 S. 461: Das Neue Theater zu Berlin. 1896 S. 613: Das Hofburgtheater in Wien. 1897 S. 477: Stadttheater in Bromberg. 1898 S. 413: Das kgl. Theater in Wiesbaden. 1899 S. 201: Die Festhalle zu Mannheim; S 265: Umbau der Philharmonie zu Berlin; S. 473: Das Opernhaus in Stockholm; S. 609: Das Deutsche Theater in München. 1901 S. 204: Das neue Schauspielhaus in München; S. 239: Theater in Russland; S. 297: Stadttheater in Meran; S. 405: Zur Entwicklung und Bedeutung des modernen Theaterbaues als einer sozialen Wohlfahrts-Anstalt, mit zahlreichen Grundrissen usw. aus verschiedenen Zeiten und Ländern. S 408: Das Prinzregenten-Theater in München

a. Statistik der Theaterbrände.

Ausser den Arbeiten der Deutschen Foelsch und Giladrone, des Engländers Schaw, des Franzosen Choquet und des Amerikaners John C. Hexamer verdanken wir eine sehr ausführliche Statistik der Theaterbrände dem mustergiltigen Werke von Edwin O. Sachs. Letzterer zählt von 1797 bis 1897 1115 Brandkatastrophen von Theatern (einschliesslich der wichtigsten Variété-Theater), Musikhallen, Zirkusgebäuden, Versammlungsräumen aller Länder der Welt während 100 Jahren, mit einem Gesammtverlust von 9355 Menschenleben.

Die Zahl der Brände betrug:

Von 1797 — 1806	18
„ 1807 — 1816	14
„ 1817 — 1826	30
„ 1827 — 1836	28
„ 1837 — 1846	47
„ 1847 — 1856	70
„ 1857 — 1866	77
„ 1867 — 1876	154
„ 1877 — 1886	309
„ 1887 — 1896	360
im Jahre 1897	8
Insgesammt also	1115

Von den 9355 Menschenopfern entfallen auf Europa:

Oesterreich	458
England	139
Frankreich	475
Deutschland	98
Portugal	170
Russland	1200
sonst. europ. Länder	88
zusammen	2628
auf die Vereinigten Staaten	845
auf die übrigen Länder Amerikas, China, Japan, die englischen Kolonien	5882

*) Vergl. die Besprechung dieses Werkes Dtsche. Bauztg. 1900, S. 93 u. ff. unter Zugabe einiger Grundrisse englischer Theater.

Die 1115 Brände vertheilen sich folgendermaassen: England 139, Deutschland 101, Frankreich 93, Oesterreich-Ungarn 36 usw., in Europa zusammen 584, Vereinigte Staaten von Nord-Amerika 462, andere aussereuropäische Länder zusammen 531. Die Zahl der Brände innerhalb aller Länder zeigt ein schnelles Anwachsen in den letzten Jahrzehnten, jedoch ist in Europa mit einigen Ausnahmen eine merkliche Abnahme der Theaterbrände (z. B. 1896 nur 6) eingetreten, dank den verbesserten Einrichtungen der Theater.

In 769 Fällen wurde der Ausbruch des Feuers zu folgenden Tageszeiten festgestellt:

183	Brände	am Tage von 7 Uhr morgens bis 7 Uhr abends, also	23,8 pCt.
25	„	vor der Vorstellung	3,2 „
103	„	während der Vorstellung	13,5 „
133	„	2 Stunden nach der Vorstellung	17,2 „
325	„	während der Nacht bis 7 Uhr morgens	42,3 „

Die Gefährdung in den Stunden nach Schluss der Vorstellung ist demnach am grössten, während der Vorstellung etwas geringer als zur Tageszeit. Hieraus lässt sich schliessen, dass trotzdem die Gefahr für den Ausbruch eines Feuers während der Vorstellung unleugbar am grössten ist, dieselbe jedoch während dieser Zeit durch die schärfere Ueberwachung bedeutend gemindert wird. Immerhin ist das Leben der Menschen selbstverständlich während der Vorstellung am meisten gefährdet, da zu dieser Zeit das Theater gefüllt ist und daher die Folgen einer Panik im Zuschauerraum wie im Bühnenhause die schwersten sein werden.

b. Die besonderen Umstände und Ursachen der Theaterbrände.

Die Feuersgefahr eines Theaters ist vorwiegend in der Ansammlung und Benutzung leicht entzündlicher und nach der Entzündung theilweise rasch aufflammender Stoffe und Gegenstände der Bühnenausstattung begründet, und da die Menge dieser Stoffe mit der Bühnengrösse wächst, so wird die Feuersgefahr eines Theaters mit der Grösse desselben entsprechend wachsen.

Vermöge der üblichen Gestaltung und inneren Einrichtung des Bühnenraumes ist dieser wie dazu geschaffen, Feuersgefahr zu befördern; es ist hier insbesondere hinzuweisen auf die hängende und gleichzeitig in enger Gassenform auszuführende Anordnungsweise der beweglichen Dekorationstheile, wie ebenso auf die Nothwendigkeit, zahlreiche Beleuchtungskörper oben, zwischen höchst brennbaren Stoffen versteckt, anzubringen.

So viele Gassen (Kulissen) vorhanden sind, so oft vervielfacht sich die Fläche der höchst brennbaren Stoffe und so viele schachtähnliche Räume bilden sich, in denen Luftzug stattfindet, der einen Funken fortträgt, entfacht und der Flamme rasch die weiteste Ausbreitung verschafft. Der Luftzug wird um so stärker sein, je grösser die Höhe des Bühnenraumes ist. Deshalb die Höhe des Bühnenhauses einzuschränken, würde jedoch nicht räthlich sein, da vielmehr bei einem weit in die Höhe reichenden, den Zuschauerraum überragenden Bühnenhause die Feuergase eher nach oben steigen und vom Zuschauerraum weggeführt werden können. Als besonders gefährlich sind die Hanfseile der älteren Bühneneinrichtungen, welche zum Aufziehen der Dekorationen dienen, zu bezeichnen, da dieselben das Feuer wie eine Zündschnur weiter leiten und auf die anderen brennbaren Theile der Bühneneinrichtung übertragen. Die grosse Gefahr dieses plötzlichen Aufflackerns eines Bühnenbrandes liegt ferner in dem Umstande, dass infolge Entstehung grosser Mengen von Gasen durch die Verbrennung der Stoffe, bei gleichzeitiger Erhitzung der Luft, der Druck dieser Luftmassen erheblich wächst, dieselben somit den Zwischenraum und das ganze Zuschauerhaus erfüllen müssen, wenn nicht für ihren Abzug nach oben Sorge getragen wird.

Gefahren minderer Ordnung sind ausserhalb der Bühne in den sogen. Dekorations-Magazinen, im Malersaal, in den Werkstätten der Tischler und sonstiger Handwerker, in den Putz- und Lampenräumen, im Feuerwerks-Laboratorium, in den Magazinräumen für Oel, Spiritus und sonstige brennbare Stoffe, in den Garderoben der Schauspieler, endlich in den Heiz- und Lüftungs-Anlagen zu suchen.

So weit Theaterbrände auf der Bühne zum Ausbruch kommen, sind dieselben etwa auf folgende Hauptursachen zurück zu führen: Beleuchtung, Gasausströmungen, Feuerwerks-Aufführungen, Abfeuerung von Schiessgewehren, Unvorsichtigkeiten und Zufälle beim Betriebe der Theater-Maschinerie.

c. Allgemeines über die Vorkehrungen zur Sicherheit gegen Lebensgefahr in Theatern, Zirkusgebäuden und Versammlungssälen.

Die Schutzmaassregeln, welche zur Sicherheit gegen die Entstehung von Lebensgefahr bei gedrängter Ansammlung von Menschenmengen in den genannten Gebäuden nothwendig sind, sind sehr treffend in den Erläuterungen zur preuss. Polizei-Verordnung vom Oktober 1889 beschrieben. Dieselben sollen nicht nur die unmittelbare Gefahr ins Auge fassen, wie sie etwa bei Entstehung eines Brandes das in geschlossenen Räumen versammelte Publikum durch Verbrennen oder Ersticken bedrohen, sondern auch die Folgen einer bei wirklicher oder vermeintlicher Gefahr entstehenden Panik.

Da letztere erfahrungsgemäss bei Ansammlung grösserer Menschenmengen in einem vollständig feuersicher und unverbrennlich hergestellten Gebäude kaum geringer ist, als in einem an sich weniger feuerbeständigen Bau, so genügt es zu einem wirksamen Schutz des Publikums nicht, nur zu verlangen, dass Theater, Zirkusgebäude und öffentliche Versammlungsräume in ihrer baulichen Substanz möglichst unzerstörbar hergestellt werden sollen, sondern es müssen zu dieser Forderung noch bestimmte Vorschriften für die innere Einrichtung und für den Betrieb solcher Anlagen treten, die Anordnung lichtvoller Treppen und Korridore, sowie möglichste Vollkommenheit der Bühneneinrichtung gelten daher als Hauptforderung.

Entscheidend für die Rettung von Menschenleben bei Unglücksfällen und für die Verhütung von Lebensgefahr überhaupt ist vor allem die Sicherung einer schnellen und gefahrlosen Entleerung der Räume durch die Anlage hinlänglich breiter Gänge, Thüren, Korridore, Durchfahrten und Treppen. Als die vollkommenste Anordnung ist zu betrachten, wenn jeder Rang seine besonderen Treppen erhält. Es ist Fürsorge zu treffen, dass das Publikum unter allen Umständen leicht, schnell und sicher die Ausgänge ins Freie erreichen kann.

Die nach dieser Richtung in einem derartigen Gebäude gemachten weitgehendsten Vorkehrungen werden zugleich den Besuchern eines Theaters usw. von vornherein die Ueberzeugung grösserer Sicherheit für ihre Person gewähren und hierdurch bereits dem Eintritt einer Panik bis zu einem gewissen Grade vorbeugen.

Die Maassregeln gegen Feuersgefahr sollen ebenfalls nicht allein bezwecken, der Entstehung eines Brandes durch besondere Vorschriften inbezug auf Erleuchtung, Heizung und Betrieb thunlichst vorzubeugen, ein etwa ausgebrochenes Feuer alsbald durch geeignete Löschmittel wirksam zu bekämpfen und seine Verbreitung zu verhindern, sondern vornehmlich auch eine „Verqualmung“ der menschengefüllten Räume und der zu den Ausgängen führenden Treppen, Gänge und Flure verhindern, oder doch wenigstens thunlichst verzögern.

Diesem Zwecke dienen beispielsweise bei Theatern die Bestimmungen der genannten Verordnung: dass sowohl über dem Bühnenraum als über dem Zuschauerraum grosse Abzugsöffnungen angelegt werden sollen, letztere mit ihrer Mündung mindestens 1 m höher als die Decke des obersten Geschosses; dass der Schnürboden wenigstens 3 m höher liegen muss, als die Decke des Zuschauerraumes; und die für alle hier inbetracht kommenden Bauanlagen, Theater, Zirkus und Versammlungsräume gleich wichtigen Vorschriften, dass Korridore und Treppen mit genügenden Lüftungs-Einrichtungen versehen sein müssen, und dass die für den Verkehr des Publikums bestimmten Treppen niemals mit Kellerräumen unmittelbar in Verbindung stehen dürfen, weil erfahrungsgemäss in solchen, zu den mannichfachsten Zwecken benutzten und schwer zu überwachenden Räumen leicht ein Feuer entsteht, welches an sich vielleicht nur unerheblich, doch in wenigen Minuten Treppen, Korridore und Flure mit Qualm erfüllen und dadurch eine gefährliche Panik hervorrufen kann.

Gegenüber den vorerwähnten Maassregeln für die Sicherheit der Personen kommt der Schutz der baulichen Substanz gegen Zerstörung durch Feuer erst in zweiter Linie inbetracht. Es sind deshalb selbst für Theater hölzerne Fussböden, theilweise auch Holztreppen für zulässig erklärt; bei Zirkusbauten ist die

Herstellung der Umfassungswände und der Scheidewände aus ausgemauertem Fachwerk zugelassen; auch ist die Verwendung hölzerner Stützen ausdrücklich gestattet, weil zuversichtlich vorausgesetzt werden darf, dass bei den vorgeschriebenen Breiten der Gänge und Thüren, der Korridore, Treppen, Flure und Ausgänge das Publikum unter allen Umständen sicher das Freie erreicht haben wird, ehe ein Feuer, auch wenn es noch so schnell um sich greift, derartige Holzkonstruktionen in Flammen gesetzt haben kann.

Es ist hierbei zu bemerken, dass betreffs des Feuerlöschwesens sachverständige Personen für die Bekämpfung eines Brandes und als Rückzugsweg der Löschmannschaften hölzerne Treppen keineswegs als gefährlich erachten, ihnen vielmehr unbedingt den Vorzug geben vor Treppen, welche aus Granit-Blockstufen bestehen oder in Eisen und Stein hergestellt sind, weil Granit, von einer Stichflamme getroffen, plötzlich zerspringt, während Eisen beim Erglühen Formveränderungen erleidet und an Festigkeit stark einbüsst, so dass ein plötzlicher Einsturz eintreten kann.

Die verhängnissvollen Theaterbrände in Nizza und Wien gaben anfangs der 80er Jahre Veranlassung, dass allerwärts mit Vorschlägen für Verbesserungen im Bau und Betrieb von Theatern hervor getreten, und auch alsbald in den meisten Grosstädten mit einer Verschärfung der betr. polizeilichen Vorschriften vorgegangen wurde. Selbstverständlich gingen die Ansichten über die Tragweite und Zweckmässigkeit der einzelnen Vorkehrungen und Verbesserungen zunächst weit auseinander; es ist eine Klärung über dieselben erst allmählich im Laufe des verflossenen Jahrzehntes, hauptsächlich an der Hand der inzwischen an den neuen Ausführungen und hergestellten Verbesserungen gemachten Erfahrungen erfolgt.

Unter den mannichfachen Bestrebungen, für die Verbesserung der Theater zu wirken, sei der Preisbewerbung zu einem Muster-Theater gedacht, welche im Jahre 1883 gelegentlich der Hygiene-Ausstellung zu Berlin ausgeschrieben war und in der Deutschen Bauzeitung, 1883, No. 46 ausführlich beschrieben worden ist. Der in dem an erster Stelle preisgekrönten Entwurf von Schmidt & Neckelmann gemachte Vorschlag, die einzelnen Bautheile des Theaters durch Lichthöfe von einander zu trennen, hat bisher keine praktische Anwendung gefunden. Es ist auch sehr zu bezweifeln, ob die Verfolgung dieses Gedankens eine glückliche ist, da gerade in jüngster Zeit (Brand in London 1897) Lichthöfe bei Bränden in Wohnhäusern und Lagerhäusern als recht gefährliche Einrichtungen sich erwiesen haben. Am längsten hat der Streit darüber gedauert, ob die auf den Bühnen angebrachten Lösch- und Sicherheitsapparate wie die Regenapparate, Abzugsöffnungen für die Feuergase, Schutzvorhänge usw. selbstthätig einzurichten sind, so dass sie das Feuer selbst in Wirksamkeit setzt. Für die Einrichtung zur Selbstthätigkeit ist Professor Kraft in Brünn vorzugsweise eingetreten; derselbe hat für das selbstthätige Anlassen der Regenvorrichtung auf der Bühne allein drei verschiedene Vorkehrungen in Vorschlag gebracht, nämlich:

1. Das Drehen eines Hahnes mittels eines Gewichtes, welches durch eine brennbare Schnur oder einen leicht schmelzbaren Körper abgestellt ist.

2. Einsetzung eines leicht schmelzbaren Pfropfens in die Rohrleitung.

3. Benutzung des Luftdrucks der Brenngase, welche auf die in einem Gefäss eingeschlossene Luft drücken, und dadurch einen leicht drehbaren Konstruktionstheil und hierdurch das Ventil in Bewegung setzen.

Gegen diese Vorschläge haben sich sowohl der Stadtbaurath a. D. Sturmhöfel, als auch der Architekt Seeling, der Erbauer des neuen Hallenser Theaters, ausgesprochen. Ersterer legt besonderen Werth darauf, dass alles Verbrennliche aus der Bühneneinrichtung fortgeschafft wird; letzterer will ausserdem das Bühnenhaus möglichst hoch hergestellt haben und die oberen freien Umfassungswände mit Glasfenster versehen, deren Scheiben beim Ausbruch eines Brandes schnell springen und den Feuergasen freien Abzug gewähren.

Die neue preuss. Theaterverordnung nimmt sowohl bei den Lüftungseinrichtungen, wie bei dem feuer- und rauchsicheren Verschluss der Bühnenöffnung in Theatern von allen sogen. selbstthätigen Vorkehrungen grundsätzlich Abstand, weil, wie die Erfahrung gelehrt hat, dieselben im Augenblick der Gefahr nur

zu oft ihren Dienst versagen. Es ist dort vielmehr vorausgesetzt, das stets eine hinlängliche Anzahl zuverlässiger Feuerwachen zur Stelle ist, von denen jeder einzelne Mann mit genauer Anweisung seiner Thätigkeit beim Eintreten eines Unfalls versehen wird. Dabei soll das Schliessen der Bühnenöffnung durch den Schutzvorhang oder die Schiebethüren, sowie die Oeffnung der Rauchabzüge über der Bühne und dem Zuschauerraum bei Entstehung eines Feuers immer die erste und wichtigste Maassregel bleiben, um ein grösseres Unglück zu verhüten. — Eine merkwürdige Sicherheits-Vorrichtung für die Schliessung des Schutzvorhanges ist zu Budapest im National-Theater ausgeführt; dort sitzt der Wächter in einem Balkon an der Bühnenseite und kann denselben infolge einer eigenartigen Schlussvorrichtung erst verlassen, nachdem er mittels eines Hebels den Schutzvorhang ausgelöst hat.

Die weittragendste Verbesserung in der Einrichtung der Theater ist durch Einrichtung der Bühnen nach dem sogen. Asphaleia-System erreicht worden. Abgesehen von der Aenderung der Hintervorhänge und Soffiten treten dabei anstelle der hölzernen Maschinerien, der Hanfseile, hölzernen Latten usw. eiserne Maschinerien, Drahtseile und eiserne Latten; es wird hierdurch einem auf der Bühne ausbrechenden Feuer zunächst der Stoff zur weiteren Entfachung entzogen. Das Asphaleia-System ist zum erstenmal in Budapest, alsdann in Halle zur Ausführung gekommen. Umbauten der alten hölzernen Bühnenmaschinerien in eiserne mit Druckwasser betriebene, sowie der Schnürböden und Laufgalerien sind auch im königlichen Schauspielhause zu Berlin erfolgreich durchgeführt worden.

Eine gleichfalls weittragende Verbesserung ist auch die Einführung des elektrischen Lichtes. Elektrische Beleuchtung hat die grossen Vorzüge, dass das Licht wenig Hitze und sehr geringe Mengen von Verbrennungsgasen erzeugt und dass dasselbe einerseits eine sehr weitgehende Zusammenfassung — beim Bogenlicht — andererseits aber auch eine nicht minder weitgehende Theilung — beim Glühlicht — gestattet. Während das Bogenlicht durch Abspringen glühender Kohlenstückchen sowohl als auch unmittelbar zündungsfähig für brennbare Gegenstände ist, ist die Zündfähigkeit des Glühlichts durch luftdichte Umschliessung der Lichtquelle und durch die augenblickliche Aufzehrung des glühenden Kohlenfadens imfall von Luftzutritt auf Null herab gedrückt. Auch darin besitzt das elektrische Licht einen Vorzug, dass die Zu- und Ableitungen minder gefahrdrohend sind, als die Leitungen für Gas. Die Leitungen für Bogenlicht bedürfen allerdings, um nicht durch Erglühen benachbarte Gegenstände in Gefahr zu bringen, einer isolirenden Umhüllung und isolirender Befestigungsweise. Bei den geringen Stromstärken aber, die für Glühlicht in Anwendung kommen, sind jene Gefahren — richtige Ausführungsweise vorausgesetzt — so gut wie ausgeschlossen, ausgenommen den Fall, das der Bruch des Leitungsdrahtes einer Lampe zur Entstehung eines Lichtbogens zwischen Zu- und Ableitung Anlass giebt. (Ueber die besonderen Einrichtungen der elektrischen Bühnenbeleuchtung siehe Seite 397.)

Um die schnelle Entleerung des Zuschauerhauses zu erleichtern, ist sowohl von Professor Kraft, wie auch von Dr. M. Hirsch zu Frankfurt a. M. vorgeschlagen worden, seitlich des Zuschauerraumes grosse offene, nur durch ein leichtes Dach überdeckte Terrassenanlagen herzustellen, welche durch Treppen mit der Strasse in Verbindung stehen und besondere Beleuchtung erhalten sollen. Der Vorschlag ist*) unter Anlehnung an das Opernhaus zu Frankfurt a. M. in Zeichnungen durchgearbeitet, und es haben sich hier, damit sämmtliche Besucher der Ränge aufgenommen werden können, Terrassen von 30 m Länge und 9 m Breite als nothwendig herausgestellt. Von einer Ausführung dieses Vorschlages ist bisher nichts bekannt geworden; immerhin ist die Ausbildung von Balkonen und Portiken in flacher Abdeckung, wie solche zum Beispiel am neuen Theater in Halle, am Lessing-Theater in Berlin und am königl. Theater in Wiesbaden ausgeführt sind, sehr empfehlenswerth, weil diese Plattformen nicht nur zur vorläufigen Zuflucht der Theaterbesucher dienen, sondern auch günstig gelegene Stützpunkte für die Feuerwehr bieten. Dagegen sind weit ausladende Gurt- und Hauptgesimse zu vermeiden, da diese, wenn aus Holz hergestellt,

*) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1889, No. 82.

das Feuer leicht weiter leiten, massive Gesimse dagegen durch ihren Herabsturz den Löschmannschaften die grössten Gefahren bereiten. — Unmittelbar unter Fenstern sollten stark ausladende Gesimse oder Schmucktheile, welche erheblich aus der Wandfläche vortreten, niemals verwendet werden, weil dieselben hier das Einhängen von Feuerleitern unmöglich machen können; es wird sich überhaupt sehr empfehlen, die allgemeine Gestaltung der Fenster-Sohlbänke nach den ortsüblichen Haken der Feuerleitern einzurichten. An einspringenden schmalen Mauerflächen und sonst geeigneten Stellen des Gebäudes werden zweckmässig Leitern angebracht, welche, unten in etwa 4 m Höhe über Strassengleiche beginnend, Gelegenheit zum Eindringen in die Fenster bieten und deren oberes Ende zu einer Oeffnung in der Mauer oder im Dache führt, von welcher aus das Innere des Gebäudes erreichbar ist, ohne dass das Vordringen der Feuerwehr durch das Hinausströmen des Publikums behindert würde.

In neuester Zeit ist ein grosser Fortschritt auch in der Herstellung der Innenkonstruktion der Theater durch Verwendung unverbrennlicher Stoffe gemacht, Nach dieser Hinsicht ist das von Architekt Seeling erbaute Theater in Halle, welches späteren Ausführungen, wie z. B. der des Lessing-Theaters und des Neuen Theaters in Berlin als Muster gedient hat, besonders bemerkenswerth. Es sind in demselben nicht nur die Bühnenmaschinerien und die Schnürböden, sondern auch die Ränge und Decken des Zuschauerraumes unverbrennlich hergestellt und es ist hierbei in ausgedehnter Weise Rabitz'scher Drahtputz verwendet worden.

d. Die preussische Polizei-Verordnung betr. die bauliche Anlage von Theatern usw. vom Oktober 1889.*)

Eine übersichtliche Zusammenstellung sämmtlicher Schutzvorrichtungen in Theatern wird durch die im Jahre 1889 in Kraft getretene preuss. Polizei-Verordnung gegeben.

Im Kgr. Sachsen war bereits im Jahre 1882 eine neue Verordnung für die Einrichtung von Theatern usw. in Wirksamkeit getreten und ebenso waren in Niederösterreich neue einheitliche Verordnungen zu einer Zeit eingeführt worden, als unter dem Eindrucke der kurz vorher gegangenen Katastrophen zwar die Nothwendigkeit weitgehender Verbesserungen im Bau uud Betrieb der Theater klar gelegt war, über die zweckmässigen Wege jedoch noch verhältnissmässig wenig Erfahrungen vorlagen. Auch in Paris waren unter dem 16. Mai 1881 und 17. April 1888 vom Präfekten verschärfte bezügliche Polizei-Verordnungen erlassen, deren Durchführung jedoch auf erhebliche Schwierigkeiten seitens der Theater-Direktoren stiess. Da die Vorschriften hiernach mehr auf dem Papier stehen blieben, haben sie den mit so vielen Menschenverlusten verknüpften Brand der komischen Oper im Jahre 1887, desgl. den Brand des Wohlthätigkeitsbazars zu Paris 1897 und des Théâtre français 1900 nicht verhindern können.

In Preussen wurde zunächst nur durch einzelne Ortspolizei-Verordnungen, wie z. B. in Berlin durch die vom 29. Juni 1881, auf die möglichste Verbesserung der vorhandenen Zustände, ohne wesentlich grössere bauliche Aenderungen, ferner durch Vorschriften über die Feuerlösch-Einrichtungen, die Heizung und Beleuchtung, Herstellung der metallenen Schutzvorhänge, Betrieb der Bühnenhäuser, Anlage von Nothausgängen, nach aussen aufschlagende Thüren usw. hingewirkt. Erst im Jahre 1889 ist aufgrund der inzwischen gemachten Erfahrungen eine für das ganze Staatsgebiet geltende Polizei-Verordnung erlassen, welche ausser dem Bau der Theater auch den von Zirkusanlagen und Versammlungssälen betrifft und neben den Vorschriften für die Neubauten besondere Bestimmungen für die alten Anlagen enthält.

Die wichtigsten Bestimmungen für Theater-Neubauten sind nachstehend zusammen gestellt:

(§ 2.) Theater im Sinne dieser Verordnung sind diejenigen Gebäude, welche nach Zweck und Gesammtlage dauernd zu Schauspielen oder zur Schaustellung von Personen (zu letzteren gehören also auch die Spezialitäten-Theater) bestimmt sind.

*) Für Wien steht eine Neu-Bearbeitung in Aussicht, für Berlin wird die Abänderung der Polizei-Verordnung erwogen.

Die Vorschriften unterscheiden grosse und kleine Theater. Als grosse Theater werden solche angesehen, die auf Sitz- und Stehplätzen mehr als 800 Zuschauer aufzunehmen vermögen; es gelten für diese folgende Bestimmungen:

Lage und Verbindung mit der Strasse (§ 3). Eine allseitig freie Lage des Theaters ist nicht unbedingt erforderlich, vielmehr genügt bei einer Lage zwischen nachbarlichen Brandmauern die Anlage von 6 m breiten Höfen seitlich des Zuschauerhauses, welche mit der Strasse durch mindestens 3 m breite und 3,5 m hohe Durchfahrten in Verbindung zu setzen sind. Auch muss alsdann die Front des Theaters mindestens 20 m von der gegenüber liegenden Strassenbegrenzung entfernt sein, während bei freier Lage oder Zugänglichkeit von einer zweiten Strasse letzteres Maass auf 15 m ermässigt werden kann. Die Anlage von Fenstern im Bühnenhause gegenüber von Nachbargrenzen oder anderen Bauten ist von der Höhe der letzteren abhängig und hiernach eine Entfernung von 6—9 m erforderlich.

Bauart (§ 4—8). Für die Umfassungswände, die Trennungswand zwischen Bühne und Zuschauerhaus, die Treppenhausmauern ist Massivbau, für die inneren Scheidewände mit Ausnahme der Logenzwischenwände wenigstens unverbrennliches Material vorgeschrieben.

Für München schreibt § 54 der Bauordnung vor: Trennung der Bühne und des Zuschauerraumes durch zwei mindestens 1 m von einander entfernt stehende, mindestens 1 m starke und ebenso hoch über die Dachfläche reichende Backsteinbrandmauern, die im Prosceniums-Ausschnitte durch Backsteingewölbe oder Eisenkonstruktionstheile verbunden sind. Die Herstellung und Einwölbung von Vorfluren, Treppenräumen, Gängen und Dachaustritten in genügender Menge, ferner die Herstellung und Einwölbung von eigenen Gebäuden für Gasometer und Heizungsanlagen. Vergl. auch die bayer. Minist.-Entschliessung vom 20. Dezember 1881, betr. die Feuersicherheit der Theater.

Die Dachstühle der feuersicheren Bedachung sind in Eisen auszubilden; etwaiges Holzwerk der Dachschalung ist von unten feuersicher zu bekleiden oder wenigstens zu behobeln. Schnürböden sind feuersicher, Wände von Luftabzugöffnungen, Lichthöfen, Oberlichtern sind unverbrennlich und 50 cm über Dach ragend auszuführen. Fussböden der Vorsäle und Flure sind unverbrennlich oder unter Vermeidung von Hohlräumen dicht schliessend auf unverbrennlicher Unterlage herzustellen. Decken der Durchfahrten, Flure und Treppen sind aus unverbrennlichem Material auszuführen; für die Treppen ist Oberlichtbeleuchtung ausgeschlossen. Der Keller ist, abgesehen von der Unterbühne, zu überwölben. Die Anlage freitragender Treppen ist verboten. Das grösste zulässige Steigungsverhältniss ist 18 : 26 cm. Wendelstufen, die nur in geschwungenen Treppen zulässig sind, müssen an der schmalsten Stelle noch 23 cm Auftritt haben. Die beiderseitig anzubringenden Geländer bezw. Handläufer dürfen keine freien Enden haben. So weit hölzerne Treppen nicht verboten sind, müssen diese an der Unterseite geputzt werden. Wohnräume sind im Zuschauerhause und im weiteren Maasse im Bühnenhause bestimmten Beschränkungen hinsichtlich der Höhenlage, des Abschlusses vom Keller und den Theaterräumen unterworfen und müssen unmittelbar von aussen zugänglich gemacht werden. Aehnliche Beschränkungen gelten für vermiethbare Geschäftsräume und allgemein zugängliche Restaurationen, für die Theater-Restaurationsräume nur, wenn sie mehr als 50 qm Fläche besitzen. Die Anlage von Magazinräumen ist im Zuschauerhause, im Bühnenraum und in den Bühnenkellern verboten, Magazinräume in sonstigen Theilen des Bühnenhauses müssen wenigstens von den sonstigen Gängen und Treppen desselben abgetrennt liegen. Es sind mindestens zwei zum Dach führende Zugänge anzulegen, welche mit feuer- und rauchsicheren unverschliessbaren und selbstthätig zufallenden Thüren (Bohlenthüren mit beiderseitiger Eisenbekleidung) geschlossen werden. Jedes Theater ist mit einer Blitzableiteranlage, sowie mit eisernen Leitern an der Aussenfront nach näherer Bestimmung der Polizeibehörde zu versehen.

Im Zuschauerraum dürfen über dem Parkett nicht mehr als vier Ränge angelegt werden und es muss die Decke des obersten Ranges mindestens 2,5 m über dem höchsten Theil des Fussbodens liegen. Abgesehen von den Logenplätzen sind die Sitzreihen unverrückbar auf dem Fussboden und zwar als selbstthätig aufschlagende Klappsitze oder feste Bänke herzustellen. Die Mindestmaasse der Sitze sind 50 cm für die Breite, 80 cm für den Reihenabstand. Die Zahl der

Sitze in ununterbrochener Reihe neben einem Gange ist auf 14 im Parkett und ersten Rang und 12 in den übrigen Rängen beschränkt. Für Stehplätze sind höchstens drei Personen auf 1 qm Fläche zu rechnen. Die Gang- und Thürbreiten sind nach dem Verhältniss von 1 m für 70 Personen zu bemessen und müssen, abgesehen von der ersten Sitzreihe, mindestens 90 cm betragen. Rings um das Parkett und die Ränge müssen Korridore angelegt werden, welche mindestens 3 m, im übrigen nach dem Verhältniss von 1 m für 80 Personen zu bemessen sind.

Jeder Rang soll zwei besondere, unmittelbar ins Freie führende Treppen erhalten; nur für Parkett und ersten Rang sind gemeinschaftliche Treppen zulässig. Die Breite jeder der beiden Treppen soll für das Parkett bis zu 300 Personen, für die Ränge bis zu 270 Personen 1,50 m betragen. Bei höheren Personenzahlen erfolgt die Berechnung nach dem Verhältniss von 1 m Treppenbreite für 100 bezw. 90 Personen.

Bei eingebaut liegenden Theatern sollen ausser diesen Treppen noch eiserne, mindestens 1,25 m breite, mit den Höfen durch besondere Treppen verbundene Laufgänge in den Höfen angelegt werden. Die Ausgänge sind ständig dem Publikum zur Benutzung zu überlassen und, ebenso wie die Wege zu denselben, durch Aufschriften und Richtungspfeile kenntlich zu machen. Die Thüren und Treppen sind derart anzulegen, dass die Mehrzahl der Ausgehenden sich von der Bühne abwendet. Die Thüren müssen nach aussen aufschlagen. Wenn die geöffneten Flügel in die Korridore oder Treppenräume einschlagen, so müssen dieselben vollständig herumschlagen und es ist die Mindestbreite der Korridore entsprechend zu vergrössern. Schiebethüren sind verboten. Der Thürverschluss muss durch einen Handgriff in Höhe von 1,20 m über dem Fussboden von innen leicht zu öffnen sein. Alle Fenster erhalten bewegliche, leicht zu öffnende Flügel und keine Vergitterung. Die Garderoben sind entweder in besonderen Räumen mit reichlich bemessenem freien Platz oder in Korridor-Erweiterungen so anzubringen, dass die Korridorbreite in ganzer Länge vor den Ausgabetischen angemessen vergrössert wird.

Bühnenhaus (§ 20—24). Der Schnürboden über der Bühne muss mindestens 3 m höher liegen, als die Decke des Zuschauerraumes. Der Bühnenraum ist von allen übrigen Theilen des Bühnenhauses, sowie vom Zuschauerhause durch massive, mindestens 50 cm über Dach geführte Wände zu trennen. In diesen Wänden sind Thüren nur im Keller und in Bühnenhöhe gestattet; sie müssen mit feuer- und rauchsicheren, nach aussen aufschlagenden, selbstthätig zufallenden Thüren versehen werden, die während der Vorstellung nicht verschlossen werden dürfen. Der Schutzvorhang, bezw. die leicht beweglichen Schiebethüren der Bühnenöffnung müssen feuer- und rauchsicher schliessen, aus unverbrennlichem Material hergestellt sein, an den schwächsten Stellen mindestens die Festigkeit von 1 mm starkem Eisenblech besitzen und so konstruirt sein, dass sie imganzen einen Ueberdruck von 90 kg auf 1 qm aushalten können. Von den zwei Bewegungs-Vorrichtungen des Vorhanges muss eine auch bei einem Brande auf der Bühne noch erreichbar bleiben, und der Verschluss durch einen einzigen Griff bewirkt werden können. Sämmtliche Bühnenräume müssen von zwei wenigstens 2 m breiten Fluren unmittelbar zugänglich sein und mindestens zwei aus unverbrennlichem Baustoff hergestellte Treppen von je 1,30 m Breite erhalten. Bei einem Flächeninhalt der Vorderbühne von mehr als 300 qm sind die Flur- und Treppenbreiten zu vergrössern, oder es ist die Anzahl der letzteren zu vermehren. Ausserdem sind für die im Bühnenraum beschäftigten Arbeiter mindestens zwei unverbrennliche Treppen von je 90 cm Breite zwischen unverbrennlichen Wänden, welche vom Bühnenkeller bis zum Dach führen, anzulegen; diese Treppen müssen in Strassenhöhe ins Freie führen. Bühnenwendeltreppen gehören nicht zu den sicheren Anlagen eines Theaters.

Für den inneren Ausbau des Bühnenhauses sind die tragenden Konstruktionstheile unverbrennlich herzustellen; im übrigen sind thunlichst unverbrennliche Stoffe zu verwenden. Holzwerk ist, soweit es frei liegt, zu hobeln oder in anderer Weise gegen schnelles Entflammen zu sichern. Von dem Zwange zur Imprägnirung von Holzwerk-Dekorationen, Versatzstücken und dergleichen ist Abstand genommen, weil die Erwartungen, welche man von diesen Schutzmitteln gegen

das Entflammen leicht brennbarer Stoffe hegte, sich nicht bestätigt haben; die Schutzkraft der Imprägnirung dauert nur eine verhältnissmässig kurze Zeit und eine zuverlässige Aufsicht über die regelmässige Erneuerung der Imprägnirung ist undurchführbar. Es sollen daher Vorhänge, Kulissen, Soffiten, Hinterhänge, Versatz- und sonstige Dekorationsstücke thunlichst aus unverbrennlichen oder schwer entflammbaren Stoffen hergestellt werden.*) Die Zugvorrichtungen für die szenischen Verwandlungen sind soweit als möglich aus Drahtseilen herzustellen, auch sind Vorkehrungen zu treffen, das Personen nicht in die Bahn der Gegengewichte und Fahrstühle treten können.

Beleuchtung, Heizung und Lüftung (§ 26—28). Sämmtliche Theile eines grossen Theaters müssen mit elektrischem Licht beleuchtet werden, und es ist die Beleuchtung des Bühnenhauses und des Zuschauerhauses so einzurichten, dass bei Störungen des Betriebes völlige Dunkelheit in beiden Räumen nicht eintreten kann. Ausserdem ist besonders auf Fluren und Korridoren eine Nothbeleuchtung mit Kerzen oder Oellampen herzustellen, welche in geeigneter Weise gegen Zug oder Rauch zu sichern ist. — Die Erwärmung des Zuschauerraumes und der Bühne mit ihren Nebenräumen darf nur mittels Zentralheizung erfolgen. Für die Abtrennung der Heizkammern, die Isolirung der Heiz- und Luftkanäle, Dampf- und Wasserheizröhren, die rauchsicheren Verschlüsse aller Lüftungs- und Luftheizungskanäle sind ebenfalls besondere Vorschriften gegeben.

Heizräume sollen nicht mehr unter der Bühne liegen. In Magazinräumen ist jede Heizung verboten. Die neuesten Anlagen weisen freistehende Magazine, nur durch Brücke mit der Bühne verbunden, auf. Hervorzuheben bleibt am neuen städtischen Schauspielhaus zu Frankfurt a. M. die angebaute Lage an ein Nachbargrundstück, wodurch eine für den Bühnenbetrieb äusserst bequeme Magazinanlage durch Gestaltung eines Wirthschaftshofes mit breiter Durchfahrt zur Strasse geschaffen wurde. Diese angebaute Lage für einen Theaterbau, durch welche der Bühnenbetrieb den Blicken der auf der Strasse Vorübergehenden entzogen wurde, ist ein grosser Vorzug, während beim völlig freistehenden Hause die aus den verschiedenen Zwecken der Gebändetheile sich ergebenden verschiedenen Höhenlagen und Lichthöhen der einzelnen Räume sich nicht immer wahrheitsgemäss im Aeusseren zum Ausdruck bringen lassen. Ausserdem kann ein öffentliches Bauwerk dadurch, dass es zur Seite gerückt, angebaut, eingebaut wird, fast immer nur gewinnen und seiner Umgebung Gewinn bringen.

Im Dach der Bühne, sowie der Decke des Zuschauerraumes sind Luftabzugsöffnungen anzulegen. Die Summe der freien Durchgangsflächen dieser Abzüge soll über der Bühne mindestens 5 % der Bühnengrundfläche, über dem Zuschauerraum mindestens 3 % der Grundfläche betragen. Der Verschluss dieser Luftabzüge muss durch einen einzigen Griff von gesicherter Stelle aus geöffnet werden können.

Feuerlöscheinrichtungen (§ 29). Das Theatergebäude ist, soweit eine öffentliche Wasserleitung vorhanden ist, an diese anzuschliessen; sonst muss genügender Wasservorrath in Behältern unter Druck bereit gehalten werden. Jedes Theatergebäude muss mit Feuerhähnen und mit einer Regenvorrichtung für die Bühne versehen werden. Weitere Einzelbestimmungen bleiben der Ortspolizeibehörde überlassen. Das Gebäude muss mit einer entsprechenden Anzahl Feuermeldern versehen werden.

Betriebsvorschriften (§ 30—33). Von den Betriebsvorschriften sind für den Architekten nur die über den Werkstättenbetrieb von Tischlern, Malern oder anderen Handwerkern bemerkenswerth. Werkstätten sind im Zuschauerhause nur im Kellergeschoss, im Bühnenhause nur in solchen Räumen statthaft, welche mit der Bühne, den Bühnenkellern und den Räumen für das Personal keine unmittelbare Verbindung haben. Die übrigen Betriebsvorschriften beziehen sich auf das Rauchen im Theatergebäude, Verwendung von unverwahrtem Feuer oder Licht, von beweglichen Beleuchtungskörpern und von Feuereffekten, Frei-

---

*) Als solche haben sich nach den angestellten Feuerproben besonders die Asbestgewebe bewährt, wie solche von den Dekorationsmalern Müller & Schäfer hergestellt werden, ebenso die vom Dekorationsmaler Falck hergestellten Stoffe, nämlich Netzgewebe aus Asbest mit aufgeklebtem Asbestpapier, und Netzgeflechte aus Asbestfäden.

lassung der Gänge zwischen den eingestellten Dekorationen und den Bühnenumfassungen, auf Probeversuche mit dem Schutzvorhang, Inbetriebhaltung der Nothbeleuchtung, Aushängen der Grundrisspläne des Theaters in den Vorräumen und Gestellung einer Feuerwache während der Vorstellung, den sonstigen Wächterdienst und die Zuziehung der Polizeibehörde bei der letzten Probe eines Stückes.

Vorschriften für kleine Theater (§ 40—42). Für kleine Theater (weniger als 800 Zuschauer), betreffen die Erleichterungen den Abstand der Eingänge an der Front von der gegenüberliegenden Strassenbegrenzung, die Konstruktion des Dachstuhls, die auch aus Holz zulässig ist, und die Decken, welche abgesehen von den Treppenräumen, also auch über Fluren als geputzte Balkendecken hergestellt werden können. Auch darf Gas-Beleuchtung anstelle der elektrischen eingerichtet werden. In diesem Falle dürfen jedoch über dem Parkett nur noch zwei Ränge angelegt werden, und es ist auch die Zahl der Sitze in ununterbrochener Reihe geringer, die Breite der Gänge, Thüren, Korridore und Treppen im Verhältniss zu der Zahl der Besucher bei Gasbeleuchtung grösser zu bemessen als bei Einrichtung elektrischer Beleuchtung. Für die Gaseinrichtung selbst ist eine grössere Anzahl besonderer Vorsichtsmaassregeln vorgeschrieben. Dieselben beziehen sich auf die getrennte Einrichtung der Gasleitung für die einzelnen Gebäudegruppen, Entfernung der Flammen von brennbaren Stoffen, Befestigung der Deckenkronleuchter, Höhenlage der Gasflamme in den Gängen, Treppen usw., Sicherung der Flammen im Zuschauerraum und der Bühne, der Soffitenlampen, Anzündung der Flammen durch elektrische Zünder, Verbot von Gummischläuchen, Anlage der Gasmesser und die zeitweilige Prüfung der Leitungen und Brenner. — Die Bestimmungen für kleine Theater sollen auch auf zeitweilig für Theatervorstellungen bestimmte Baulichkeiten sinngemässe Anwendung finden.

Bestehende Theateranlagen. In dem § 79 der Verordnung sind für die bestehenden Theater Forderungen aufgestellt, welche innerhalb einer Frist von einem Jahr nach Erlass derselben erfüllt sein sollen, soweit nicht im Wege des Dispenses eine weitere Frist gewährt wird. Da die betr. Umbauten inzwischen beendet oder wenigstens die Verhandlungen über die Tragweite und Zeitdauer derselben in der Schwebe sind, so konnte von einer Aufführung der einzelnen Bestimmungen hier um so mehr Abstand genommen werden, als nicht ausgeschlossen ist, dass dieselben noch Aenderungen erleiden werden. Eine Aenderung der Vorschriften für bestehende Anlagen, welche den Ortspolizeibehörden in ausgedehnterem Maasse die Befugniss einräumt, nach ihrem pflichtgemässen Ermessen von der Durchführung der regelmässigen Vorschriften Abstand zu nehmen, und auch im übrigen Erleichterungen für solche Anlagen vorsieht, ist am 1. Mai 1891 in Kraft getreten.

Zirkusanlagen (§ 44—59 und § 80). Für Zirkusanlagen ist allseitig freie Lage vorgeschrieben. Wenigstens sind zwei getrennte, nach verschiedenen Strassen führende, insgesammt nach dem Verhältniss von 1 m für 150 Personen bemessene Ausgänge und ausserdem eine 4 m im Lichten breite Zufahrt nach den Stallungen anzulegen. Bei der geringeren Feuergefährlichkeit der Vorstellungen ist selbst für die Aussenwände ausser dem Massivbau sonstiges unverbrennliches Material und ausgemauertes Fachwerk, für die inneren Unterstützungen der Decken und Dächer auch Holz zulässig. Nur wenn die Räume unter den Sitzreihen der Zuschauer als Garderoben, Dekorationsmagazine oder Futterlagerräume benutzt werden, sollen dieselben massive Decken und Wände erhalten. Für den Abschluss der Stallungen und Thierkäfige, sowie für vermiethbare Räume und Wohnungen sind besondere Sicherungsmaassregeln vorgeschrieben. Bei einer Sitzbreite von 50 cm müssen die Sitzreihen 80 cm entfernt bleiben, welches Maass bei mehr als 14 Plätzen in ununterbrochener Reihe auf 1 m zu vergrössern ist. Die Gänge, Treppen und Thüren im Zuschauerraum sind bei einer Mindestbreite von 90 cm nach dem Verhältniss von 1 m für 120 Personen zu bemessen. Dagegen ermässigen sich die Flur- und Treppenbreiten ausserhalb des Zuschauerraumes

auf 1 m für 135 Personen bei einer Anzahl von 900—1500 Personen,
„ 1 m „ 150 „ „ „ „ über 1500 „

Zur Beleuchtung darf auch Gaslicht und Pflanzenöl bezw. Kerzenlicht verwendet werden; nur der Gebrauch von Mineralölen ist verboten. Die übrigen Bestimmungen, soweit dieselben von denen für Theater abweichen, betreffen die Aufbewahrung der Futterstoffe, die Aufstellung zeitweiliger Zirkusgebäude und die Umbauten bestehender Zirkusanlagen.

Oeffentliche Versammlungsräume (§ 60—78 und 81). Als öffentliche Versammlungsäle gelten alle baulichen Anlagen, welche zur gleichzeitigen Aufnahme einer grösseren Anzahl von Personen zu öffentlichen Lustbarkeiten, öffentlichen Versammlungen oder zu ähnlichen Zwecken dienen sollen. Ausschliesslich zum Gottesdienst oder Unterrichtszwecken bestimmte Räume werden von der Verordnung nicht betroffen. Es kommen somit hauptsächlich Säle, in welchen öffentliche Vorträge gehalten werden, Konzertsäle, Tanzsäle, Brauereisäle, Innungssäle — Vereinshäuser nur, wenn diese auch zu öffentlichen Zwecken vermiethet werden — inbetracht. Neben den Bestimmungen über die Lage und Bauart sind besonders die nachstehend aufgeführten über die Errichtung der Säle selbst und die Ausgänge und Treppenbreiten von Wichtigkeit.

Der Fussboden eines Versammlungssaales darf nicht höher als 12 m über der Strasse liegen und es sind höchstens zwei Galerien zulässig. Bei einer Sitzbreite von 50 cm ist die Entfernung der Sitzreihen auf 90 cm bemessen und ermässigt sich bei Klappsitzen und festen Bänken auf 80 cm. Stehplätze höchstens drei auf 1 qm. Gangbreite mindestens 90 cm, im übrigen 1 m auf 120 Personen. In Versammlungssälen ohne feste Sitzreihen werden zwei Personen auf 1 qm Parkett und drei auf 1 qm Galerie gerechnet, ausnahmsweise 1,5 bezw. zwei Personen. Sind mehrere Versammlungssäle in einem oder verschiedenen Geschossen an dieselben Vorräume, Treppen usw. angeschlossen, so ist nur die Besucherzahl des grössten Saales voll, die der übrigen dagegen halb zu zählen. Anzahl und Thürbreite nach dem Verhältniss:

1 m	für 120	Personen	bis zu	600 Personen,
1 m	„ 135	„	von 600—900	„
1 m	„ 150	„	über 900	„

Bei mehr als 600 Personen Thüren auf mindestens zwei Wandseiten. Flure erhalten gleiche Breiten, jedoch mindestens 2 m Breite. Für das Aufschlagen der Thüren gelten die gleichen Bestimmungen wie bei Theatern. Durchfahrten mindestens 3 m breit, im übrigen nach dem Verhältniss von 1 m auf 200 Personen. Bei grossem Hof, welcher die gesammte Personenzahl fasst, kann dies Verhältniss auf 1 m für 300 Personen ermässigt werden. Bis zu einer Personenzahl von 300 Personen genügt eine unverbrennliche Treppe von mindestens 1,50 m Breite, im übrigen mit einer Breite von 1 m für 120 Personen. Für mehr als 300 Personen sind zwei Treppen und zwar:

bis zu	900 Personen	1 m	Breite	auf 150	Personen,
bei über	900 „	1 m	„	„ 200	„

erforderlich. Galerietreppen dürfen nicht in den Saal münden.

Für Versammlungsräume, welche eine ständige, mit verbrennlichen Kulissen, Soffiten, Hinterhängen oder Versatzstücken ausgestattete Bühne erhalten, gelten nicht diese, sondern die für kleine Theater gegebenen Vorschriften mit einigen Erleichterungen. Solche Versammlungsräume dagegen, welche nur ein Podium ohne Versenkung, Schnürboden usw. mit unverbrennlichen Kulissen erhalten, gelten als Versammlungssäle; nur sind die Gang- und Thürbreiten im Zuschauerraum auf 1 m für 90 Personen, ausserhalb desselben auf 1 m für 120 Personen zu bemessen. Gasbeleuchtung, Verwendung von Pflanzenöl und Kerzen ist zulässig. Die Bestimmungen für Nothbeleuchtung, Zentralheizung, Wasserversorgung, Feuerlöscheinrichtung, Aushängen von Grundrissplänen entsprechen theils den Vorschriften für Theater, theils bleiben sie dem Ermessen der Polizeibehörde überlassen.

Hinsichtlich bestehender Versammlungssäle vergl. das bei den Theatern Gesagte.

Die Durchführung der beschriebenen Verordnung für Theater, Zirkus und Versammlungssäle war, wie schon vorhin bemerkt, hinsichtlich des Umbaues der älteren Anlagen vielfach mit Schwierigkeiten verknüpft. Theilweise scheiterte dieselbe besonders in den Provinzialstädten an dem Uebelstand, dass der Theater-

betrieb eine Verzinsung der Umbaukosten nicht aufbringen konnte, und somit anderweite Mittel flüssig gemacht werden mussten. Es wurde dies Veranlassung, im Mai 1891 eine Milderung der Bestimmungen der Verordnung für den Umbau der älteren Anlagen eintreten zu lassen. In Berlin war inzwischen der Umbau der meisten Privattheater und Versammlungssäle nahezu vollendet und hatte zu dieser schnellen Durchführung der Bestimmungen daselbst wesentlich der Umstand mitgewirkt, dass im Polizei-Präsidium ein Techniker ausschliesslich mit der Prüfung und Beaufsichtigung der Umbauten des ganzen Stadtweichbildes betraut wurde und sich somit auf diesem Spezialgebiet bald heimisch machen konnte. Von den beiden königlichen Theatern war die Bühne des Schauspielhauses bereits 1890 feuersicher umgebaut. Es folgte der Umbau des Zuschauerhauses, der Heizungen und Treppen usw. bis 1893.*) Am königl. Opernhause sind die Umbauten erst später beendet worden.

e. Besondere Einrichtungen und Konstruktionen von Theatern.

1. Gasbeleuchtung. Hinsichtlich der Gasbeleuchtung von Theatern wird auf den Band I, Theil 2 dieses Buches Bezug genommen. Durch die preussische Verordnung für Theater ist die Neuanlage von Theatern mit Gasbeleuchtung jedenfalls auf kleinere Theater in Mittel- und kleinen Städten eingeschränkt. Eine eingehendere Behandlung der Gasbeleuchtungs-Einrichtung in Theatern enthält die Broschüre: Vorschläge des Niederösterreichischen Gewerbe-Vereins betr. Sicherung von Theatern gegen Feuersgefahr; Wien 1882.

2. Elektrische Beleuchtung. Abgesehen von der grösseren Feuersicherheit bietet die elektrische Beleuchtung für Theateranlagen den grossen Vortheil, dass die Verschlechterung der Luft während der Vorstellung erheblich geringer ist. Die in München am Hof- und Nationaltheater im Jahre 1885 nach dieser Hinsicht gemachten Versuche haben ergeben, dass bei leerem Hause der Kohlensäuregehalt bei elektrischer Beleuchtung unverändert bleibt, während er bei Gaslicht von 0,055‰ auf 1,178‰ stieg. Bei ausverkauftem Hause stieg der Kohlensäuregehalt bei elektrischer Beleuchtung nur von 1,41‰ auf 1,86‰, während bei Gaslicht die entsprechenden Zahlen 2,61 und 3,28‰ betrugen. — Der elektrische Strom wird entweder durch grosse Zentralstationen der elektrischen Gesellschaften geliefert, oder es sind besondere Kessel und Maschinenhäuser für das Theater anzulegen, wie z. B. am Stadttheater in Halle und am Lessing-Theater in Berlin geschehen ist. Letztere Anlage umfasst rund 1200 Glühlampen und drei Bogenlampen. Die Kessel sind so gross gewählt, dass bei Ausbesserung oder Reinigung des einen der andere allein die erforderliche Dampfmenge liefert. Die für die Tagesbeleuchtung bestimmte kleinere Dynamomaschine erhält ihren Antrieb durch einen Gasmotor, welcher Abends erforderlichenfalls noch als Ersatz eintreten kann. Sämmtliche Leitungen sind so angeordnet, dass die Lampen eines und desselben Raumes verschiedenen Stromkreisen angehören. Die Bühnenbeleuchtung ist nach dem sogen. „Einlampensystem“ eingerichtet, d. h. es sind nur weisse Glühlampen vorhanden, welche zur Hervorbringung verschiedenartiger Beleuchtung durch die patentirten Lautenschläger'schen Apparate mit bunten Schirmen gefärbt werden können.

In dem königl. Opernhause zu Berlin ist im Jahre 1887 die elektrische Beleuchtung in Betrieb genommen, welche aufgrund der vorher im königl. Schauspielhause seit 1885 gemachten Erfahrungen nach dem Drei-Lampensystem von Brandt eingerichtet wurde. Jeder Bühnenbeleuchtungskörper besitzt dabei zur Erzielung vorgeschriebener Lichtwirkungen drei Gruppen von einander unabhängiger Lampen (weiss, roth, grün). Dieses System ist später erweitert und den genannten Farben auch noch gelb hinzugefügt worden. Der Bühnenregulator enthält eine Anzahl von Regelungs- und Schaltvorrichtungen, mittels deren es möglich ist, die verschiedenen Tages- und Nachtstimmungen, Morgen- und Abenddämmerung, Alpenglühen usw. dadurch hervor zu bringen, dass man die erforderlichen Lampenfarben der betr. Beleuchtungskörper abwechselnd in verschiedenen Lichtstärken erglühen oder auch gleichzeitig zwei Farben zusammen

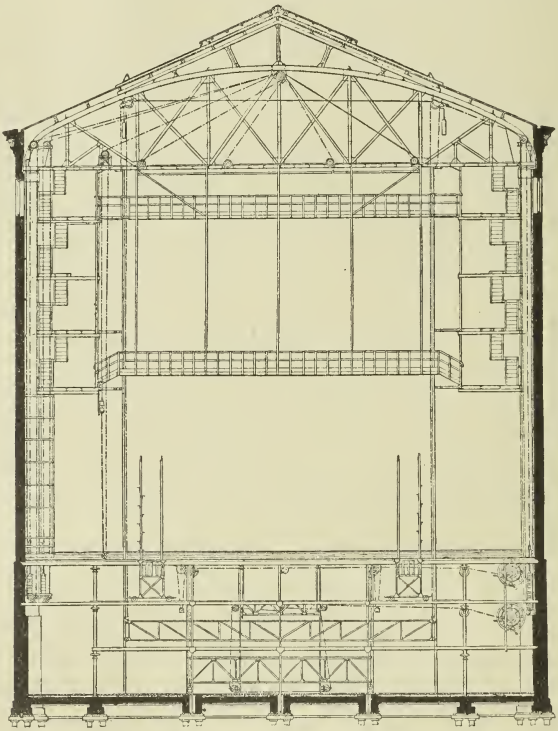
*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1893, No. 78.

wirken lässt.*) Bemerkt sei nur noch, dass die elektrische Einrichtung des Opernhauses mit 80100 Normalkerzen im Durchschnitt 2,275 M. für 1 Normalkerze, die im Schauspielhause bei 53600 Normalkerzen 2,319 M. für 1 Normalkerze erfordert hat.

3. Bühneneinrichtung. Als bestes neueres Beispiel einer einfachen Bühnenanlage für Handbetrieb ist die von Lautenschläger entworfene Bühne des Stadttheaters in Amsterdam zu nennen, welche bei vollendeter Eisenkonstruktion eine klare Anordnung der Maschinerie ohne Anwendung von Dampf und Wasserkraft aufweist. Den Schnitt durch den Bühnenraum zeigt unsere Fig. 997.**)

Die auf Vorschlag der in Wien gebildeten „Asphaleia-Gesellschaft“ für Herstellung zeitgemässer Theater entstandenen Verbesserungen im Bühnenbetriebe, welche zunächst in Budapest und Halle zur Ausführung gelangten, betreffen

Fig. 997. Schnitt durch das Bühnenhaus im Theater zu Amsterdam.



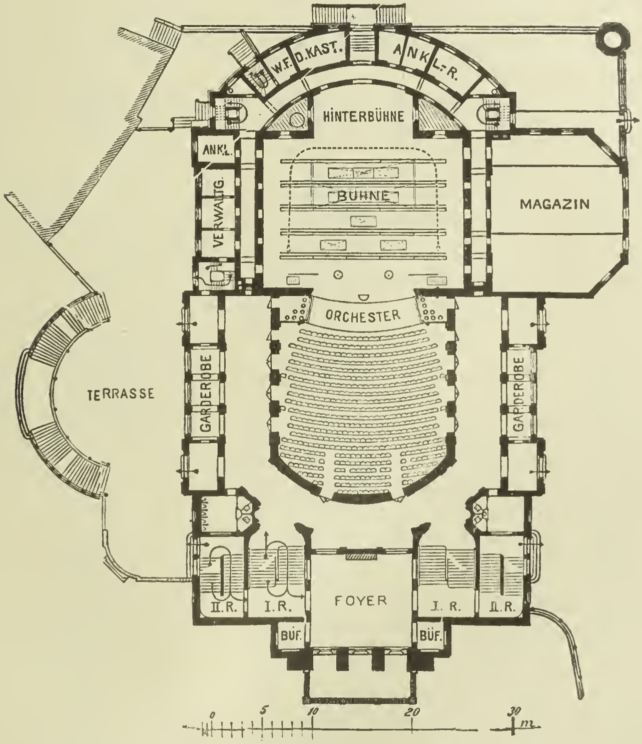
sowohl die Unterbühne wie die Oberbühne. Die Verwendung von Holzkonstruktion ist allein auf den Belag des Podiums, wo sie unentbehrlich ist, beschränkt. Zu allen stützenden Theilen ist Eisen benutzt. Während auf den bisherigen Bühnen eine Erhöhung einzelner Theile des Podiums nur durch den Aufbau sogen. „Practicables“ zu erzielen war, die Versenkung dagegen auf den Umfang von Personen und Möbelstücken beschränkt blieben, besteht die Hauptneuerung darin, dass grössere Theile des Podiums, welche auf den Stempeln von Wasserdruckpressen ruhen, mittels dieser in leichtester Weise sich heben

*) Näheres hierüber, sowie über die Theilung der Beleuchtung in die sogenannte „Regulatorbeleuchtung“, die „Abendbeleuchtung“ und die „Tagesbeleuchtung“ vergleiche in dem oben angezogenen Aufsatz der Zeitschr. f. Bauw. 1889 und ders. Zeitschr. 1892.

**) Vergl. Edwin O. Sachs: Modern Opera Houses and Theatres. 1897, III. Band, Seite 38.

und senken lassen, nach Erfordern auch schräg gestellt werden können, so dass die „Practicables" fast entbehrlich werden. In der Oberbühne besteht die Neuerung hauptsächlich darin, dass von den bisherigen Hauptmitteln, Prospekten und Kulissen, nur ein mässiger Gebrauch, vorwiegend nur für geschlossene Zimmer gemacht wird, während für alle im Freien spielenden Szenen ein neues Gebrauchsstück, der Horizont, eingeführt ist. Es ist dies eine Leinwand, welche (vergl. den Grundriss, Fig. 998) die Bühne hufeisenartig umspannt, und demnach einen freien Ausblick nach allen Seiten gestattet. Von einer Höhe, die das durch die Bühnenöffnung gewährte Gesichtsfeld deckt, reicht sie bis auf etwa 2 m über Podium herab, erlaubt also für das Theaterpersonal überall freien Verkehr, während für das Publikum die untere Lücke durch Versatzstücke gedeckt

Fig. 998. Theater zu Halle a. S., Erdgeschoss.



wird. Der Horizont in Halle besitzt eine Gesammtlänge von 60 m, ist mit den verschiedenen Luftstimmungen bemalt, lässt sich als Rolle ohne Ende beliebig verschieben, so dass die für die Szene passende Stimmung auch während derselben geändert werden kann. Alle diese Bewegungen des Horizonts, sowie auch der vom Schnürboden herab hängenden Dekorationszüge (Gardinen und Prospekte) erfolgen gleichfalls mittels Druckwasser-Winden, die in der Unterbühne angeordnet und mit den betr. Zügen in Verbindung gebracht sind. Der Betrieb dieser Züge, sowie zugleich der Versenkungen und des eisernen Vorhanges wird, wie bei der Zentralweichenstellung eines modernen Bahnhofs durch einen einzigen Mann geleitet, da die Steuerschieber aller Druckwasser-Maschinen in einem Apparate vereinigt sind. Als bewegende Kraft für sämmtliche Druckwasser-Einrichtungen dient eine grosse Zwillingsdampfpumpe, welche dem Akkumulator

stündlich etwa 15 cbm Wasser bei 8 Atm. Ueberdruck zuführt. Durch diese Pumpe werden auch die grossen auf dem Schnürboden angeordneten Wasserbehälter gefüllt, welche Löschwasser unter dem nöthigen Druck für diejenigen Gebäudetheile liefern, welche seitens der städtischen Wasserleitung nicht genügend versorgt werden können; sie lässt sich überdies als eine unmittelbar kräftig wirkende Dampffeuerspritze verwenden. Die allgemeine Einrichtung der Oberbühne und des Podiums des Hallenser Theaters ist aus den Fig. 999 und 1000 ersichtlich.*)

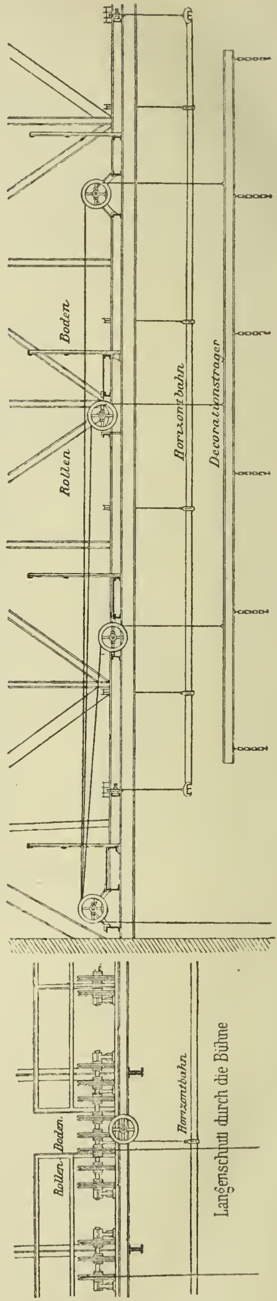


Fig. 999. Oberbühne des Theaters zu Halle.

Diese Einrichtungen sind zumtheil schon überholt, so wurde beim Hofburg-Theater in Wien anstelle der Druckwasser-Asphaleia-Fahrstühle, welche die Unterbühne sehr beengten und die Zugänglichkeit behinderten, das sogen. Krahnsystem eingeführt; hierbei wird Druckwasser als Betriebskraft unmittelbar nur für die Untermaschinerie angewendet, dagegen findet die Bewegung der Klappen bezw. Theile des Bühnenbodens, der Brücken mittels seitlich angebrachter Flaschenzüge und mittelbar durch Druckwasser statt, wodurch ein wesentlich freierer Raum in der Unterbühne zur Förderung der Feuersicherheit gewonnen wird. Eine Verbindung dieser beiden letztgenannten Systeme hat Brandt für das Berliner königliche Schauspielhaus geschaffen, denn hier ruhen die Brücken auf zentral gestellten Druckwasser-Stempeln, während die Enden der Brücken an Seilen aufgehängt sind. Der durchgreifende Umbau des Bühnenhauses, welcher in den Jahren 1888/90 erfolgte und in der Zeitschrift für Bauwesen, Jahrgang 1892 unter Beigabe von Zeichnungen ausführlich beschrieben ist, erstreckte sich gleichfalls auf den Ersatz aller Holztheile durch feuersichere Konstruktionen, Einrichtung von Druckwasser-Antrieben an den Versenkungen, Kassettenzug-Apparaten, Transportaufzügen und Gardinenmagazin-Aufzügen. Beachtenswerth ist an diesem Umbau noch die Herstellung des Daches als Leistendach aus Kupferblech mit einer Monierplattenunterlage und die gluthsichere Umhüllung der tragenden Eisenkonstruktionen mit Monierdrahtputz.

Im Drury Lane Theater zu London wird der in sechs Streifen zerlegte Bühnenboden durch Elektromotoren bewegt, die einzelnen Hebetheile sind als Parallelbrücken ausgebildet und so berechnet, dass sie etwa 30 Menschen nebst Dekorationsstücken tragen können.

Eine zweckmässige Bühneneinrichtung muss es ermöglichen, jeden Szenenwechsel rasch, ohne Lärm und ohne Vermehrung des Arbeiterpersonals vorzunehmen. So gab Rudolf Genée in seiner

*) Näheres hierüber vergl. den angezogenen Aufsatz in der Deutschen Bauztg. 1887, No. 51.

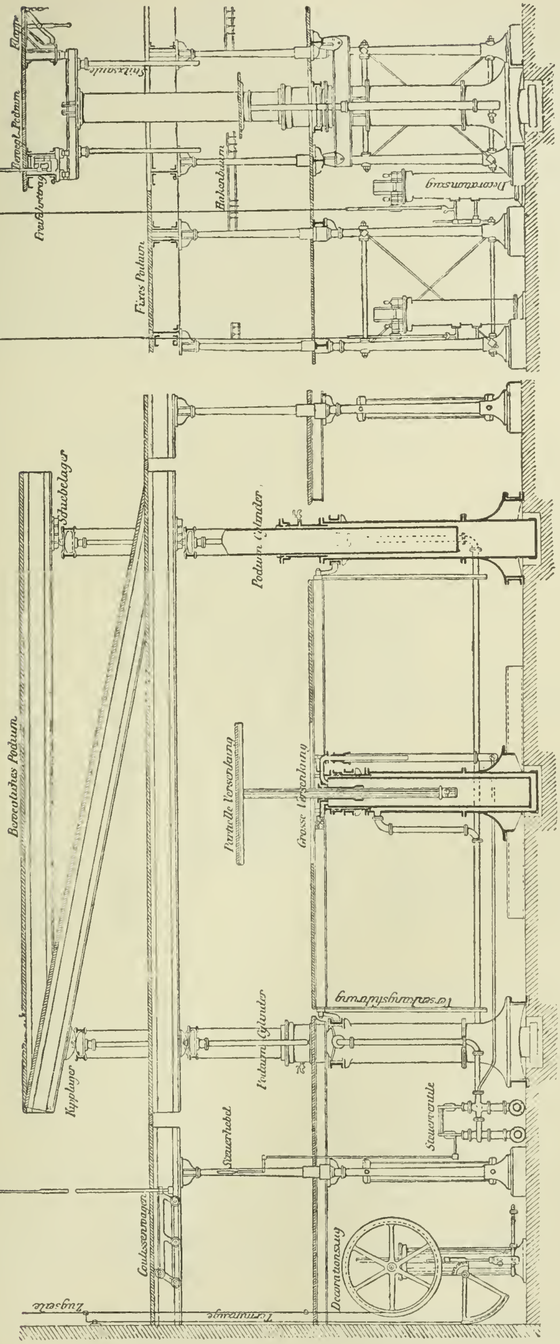


Fig. 1000. Unterbühne des Theaters in Halle.

Querschnitt durch die Bühne.

Shakespeare-Bühne Anregung zu erneuter völliger Vereinfachung der Bühne für die Aufführung klassischer Dramen derart, dass das Bild des Schauplatzes nur durch einen gemalten Hintergrund angedeutet wird, während der Vordergrund stets unverändert bleibt.

Der Gedanke der altbekannten Drehscheibe für Puppen- und Zaubertheater sowie auch der in Japan seit Jahrhunderten bekannten Drehbühnen-Einrichtungen liegt der neuesten Vervollkommnung der von Lautenschläger entworfenen elektrischen Drehbühne in München zugrunde. Mehr für kleine Innenräume geeignet, haften dieser Anlage mehrfache Mängel an, ohne genügenden Ersatz für die grosse Bühne zu bieten.

Brandt's Reformbühne, veröffentlicht in der Zeitschrift „Bühne und Welt“, III. Jahrgang, Heft 8, will eine zweckentsprechende Einrichtung mit raschem Wechsel auch schwierigerer Szenerien ermöglichen. Zwei vorn seitlich der Bühne gelegene Räume sollen, ähnlich der jetzt

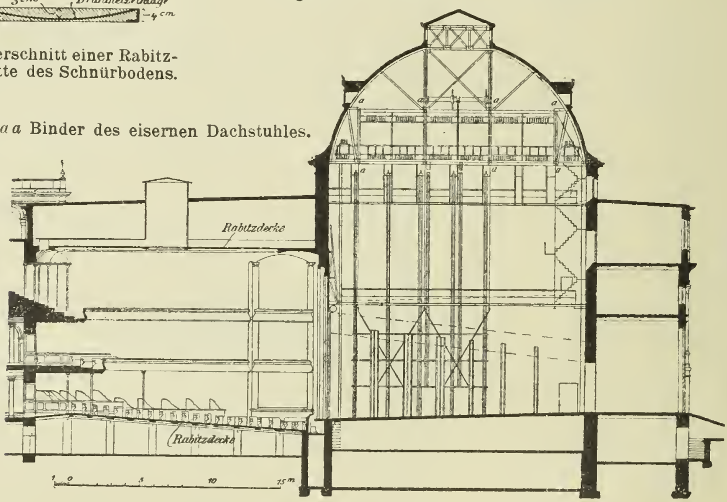
allgemein üblichen Hinterbühne, mittels Schiebethüren oder schalldämpfender Vorhänge abschliessbar, geschaffen werden. In jedem dieser Räume, wie auch auf der Hinterbühne, befindet sich ein leicht fahrbares Plateau zur Aufbauung der Dekorationen, eines geschlossenen Zimmers usw., welches unabhängig bezüglich der Reihenfolge nach Belieben auf die Hauptbühne hinter das Proszenium leicht, bequem und rasch gefahren werden kann. Hierbei wird an Stelle der grossen Zahl Arbeiter eine kleine Schaar geübter Arbeiter ausreichen. Ein Umwechseln der Dekorationen auf den Wagen kann ohne Störung während der Vorstellung in den Nebenräumen vorgenommen werden. Die Hauptbühne mit ihren Vorrichtungen bleibt stets völlig unberührt und zur Verwandlung bereit. Vereinfachung des Betriebes, Ersparung an Mannschaft, stetige Bereitschaft der Dekoration, übersichtliche Ordnung derselben, Entlastung der Bühne von Dekorationen im Sinne der feuerpolizeilichen Vorschriften, Zugänglichkeit zu den Maschinenvorrichtungen, den Gardinenzügen sind die wesentlichsten Vorzüge. Eine weitere Eigenschaft ist die wagrechte Lage des Bühnenpodiums, bei welcher Dekoration, Möbel usw. stets gerade stehen können. Alle Vortheile der seitherigen Bühnenbetriebe bleiben erhalten.*)

Fig. 1001.



Querschnitt einer Rabitzplatte des Schnürbodens.

Fig. 1002. Lessing-Theater in Berlin
Längsschnitt durch Bühne u. Zuschauerraum.



a a Binder des eisernen Dachstuhles.

4. Der Schnürboden der Bühne, in welchem die Rollen für die Dekorationszüge liegen und welcher seiner Bestimmung gemäss durch viele Schlitze unterbrochen wird, wurde bisher ebenfalls aus Brettern hergestellt. Jetzt werden vorzugsweise Monier- oder Rabitz-Platten verwendet. Erstere sind im kgl. Schauspielhause in Berlin, letztere in Halle, im Lessing- und Thomas-Theater zu Berlin, in der Volksbühne in Worms, Stadttheater in Elberfeld, Urania-Theater in Berlin u. a. ausgeführt. Jede Platte wird ganz von Winkeleisen umschlossen und ist so stark konstruirt, das sie die Belastung durch etwa zwei Theaterarbeiter einzeln tragen kann. Bei Rabitz-Drahtgewebe empfiehlt es sich, um den Gipsmörtel möglichst wenig zu beanspruchen, das Drahtgewebe mit Durchhängung einzuspannen (vergl. Fig. 1001). Die so hergestellten Platten liegen auf Unterzügen, welche ihr Auflager wieder auf den unteren Gurtungen der grossen eisernen Dachbinder finden (vergl. den Längsschnitt durch die Bühne des Lessing-Theaters, Fig. 1002).

*) Vergl. hierzu auch den Vorschlag von Westphal in Hamburg, einer getheilten Doppelbühne Deutsche Bauzeitung 1900, Seite 32, mit Skizze.

5. Heizungs- und Lüftungsanlagen. Diejenige Heizeinrichtung, welche die engste Zusammenfassung der Heizkörper gestattet, wird für Theater die zweckmässigste sein. Hiernach steht die Dampfheizung — welche sogar die Entfernung der Feuerstelle aus dem Gebäude erlaubt — in erster Reihe, zumal sie bei entsprechenden Abänderungen als reine Dampfheizung, Dampf-Luftheizung oder Dampf-Wasserheizung ausgeführt, die Erstreckung auf alle Räumlichkeiten eines Theaters ohne Ausnahme ermöglicht. — Heisswasserheizung und Feuerluftheizung kommen derselben in dieser Hinsicht nicht ganz gleich, haben anderweite allgemeine Bedenken gegen sich und fordern auch die Lage der in grösserer Zahl nothwendigen Feuerstellen im Theater selbst. So wird im Lessing-Theater in Berlin der Dampf für die Dampfheizung den Kesseln für die elektrische Beleuchtung entnommen; der Zuschauerraum und die Bühne haben Dampfluftheizung, die Wandelgänge, Treppenhäuser, die Eintrittshalle, der Erfrischungssaal des Zuschauerhauses sowie sämmtliche Nebenräume des Bühnenhauses örtliche Dampfheizung erhalten. In Halle ist der Abdampf der ohne Kondensation arbeitenden Maschinen für die Dampfheizung benutzt. Es ist Dampf-Luftheizung und Dampf-Wasserheizung eingerichtet. Beim Neubau des Schweriner Hoftheaters ist ebenfalls Dampfluft- und Dampfwasser-Heizung angelegt. Bei der nachträglichen Einrichtung einer grossen Zentralheizung im kgl. Schauspielhause in Berlin machten die günstigsten Eigenschaften der Dampfheizung es möglich, letztere in dem einzigen verfügbaren Raum, versteckt unter der grossen Freitreppe am Schillerplatz, also eigentlich ausserhalb des Theatergebäudes, unterzubringen. Es genügte eine Vertiefung des Raumes nach unten um 3 ^{m}, um daselbst zwei Root'sche Röhrenkessel von je 55 ^{qm} Heizfläche, den Brennmaterialienraum und die Frischluft-Vorbereitungskammer unterzubringen. Die Heizung bedient das Zuschauerhaus und das Bühnenhaus als unmittelbare Dampfheizung und betreibt zugleich die Warmwasserheizung des Garderobenhauses.

Die zweckmässige Anlage der grossen Lüftungsöffnung über der Bühne ist aus Fig. 1002 ersichtlich. Die grosse Lüftungsöffnung über dem Zuschauerraum wird meist in unmittelbare Verbindung mit der Beleuchtung gebracht, insofern, als über dem Lüster (oder Sonnenbrenner) eine weite Deckenöffnung angelegt wird, an welche der bis über Dach führende und daselbst mit seitlichen Jalousien versehene Lüftungsschlot anschliesst.

6. Bühnen-Schutzvorhänge. Der für die Trennung zwischen Bühne und Saal anzuwendende Vorhang soll den Zweck erfüllen, das Uebertreten von Bränden und das Eindringen erstickender Gase in den Zuschauerraum zu verhindern. Aus diesem Zwecke folgt, dass der Vorhang, abgesehen von seiner mechanischen und physischen Widerstandsfähigkeit im Feuer, eine möglichst dichte Fläche bilden und am Umfang möglichst eng mit den betreffenden Bautheilen in Berührung treten muss.

Der Bestimmung der neuen preuss. Theater-Verordnung, dass die Konstruktion des Schutzvorhanges imganzen einen Ueberdruck von 90 ^{kg} auf 1 ^{qm} Fläche aushalten soll, ohne dass bleibende Durchbiegungen eintreten, werden die meisten älteren Konstruktionen, auch die aus Trägerwellblech, nicht genügen. Immerhin werden letztere vor denjenigen aus Drahtgerippe mit Ueberklebung oder Ausfüllung der Maschen durch einen unverbrennlichen Stoff (etwa mit Asbest) sowie vor denjenigen aus glatten oder fassonirten Blechen den Vorzug grösserer Steifigkeit besitzen.

Bisher wurde für Wellblechvorhänge meistens ein Profil von 50 ^{mm} Wellenhöhe, eben solcher Breite und 1 ^{mm} Wandstärke benutzt, welches für 1 ^{qm} etwa 12 ^{kg} wiegt. Durch den Hinzutritt der Einfassungen, Bänder, Dichtungsleisten usw. erhebt sich das Gewicht des fertigen Vorhangs auf etwa 24 ^{kg} auf 1 ^{qm}, bei kleinen Vorhängen noch darüber. Da die Anordnung der Wellentafeln derart, dass die Wellenaxen im angeschlagenen Vorhange senkrechte Richtung haben, der Sicherheit des Ganges zu statten kommt, und da ausserdem dieser Stellung eine vermehrte Sicherheit des Bleches gegen Erglühen zugeschrieben wird, so sind Vorhänge mit wagrechter Lage der Wellung bis jetzt nur als Ausnahmen zu betrachten.

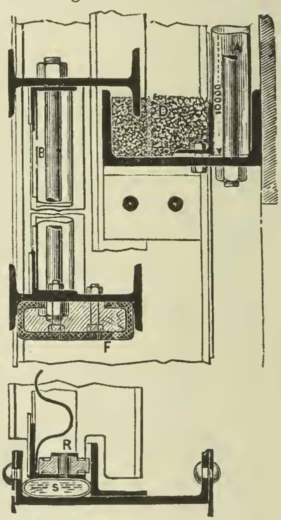
Um die Nietungen nicht auf Abscheeren zu beanspruchen, werden Ankerbolzen benutzt, welche Oberrahmen und Unterrahmen des Vorhanges — bestehend aus

I Eisen — mit einander verbinden, desgleichen Diagonalbänder aus Flacheisen. Seitlich erhält der Vorhang Einfassungen aus L Eisen. — Die seitliche Abdichtung wird durch trogförmige Führungen bewirkt, auf deren Grunde ein wassergefüllter Schlauch liegt; an der Oberseite erhält der Vorhang Sanddichtung, vergl. Fig. 1003a und b.

In Halle läuft der Vorhang mit zwei seitlich angesetzten Blechflügeln in zwei dicht an die Proszeniumsmauern anschliessenden Blechrinnen. Da seine Führung durch straff gespannte Drahtseile erfolgt, erwartet man, dass er imfalle eines Brandes durch den Luftdruck so fest an die betr. Rinnenwand gepresst werden wird, dass auch ein seitliches Durchtreten der Rauchgase verhindert wird.

Ist über der frei zu haltenden Bühnenöffnung noch eine Höhe gleich dieser selbst vorhanden, so kann der Vorhang eintheilig gebildet werden; fehlt es an jener Höhe, so ist Zweitheilung erforderlich. Was die Bewegung des zweitheiligen Vorhanges betrifft, so liegen mehrere Möglichkeiten vor. Es kann, wenn sich der Vorhang öffnen soll:

Fig. 1003a und b.



α. von den beiden Hälften die eine nach oben, die andere nach unten sich bewegen, oder es kann:

β. die Bewegung beider Hälften nach oben gerichtet sein, jedoch mit dem Unterschiede, dass: 1. beide Theile ihre Bewegung gleichzeitig beginnen und vollenden, oder 2. der obere Theil seine Bewegung erst beginnt, nachdem der untere bereits die Hälfte des Weges zurück gelegt hat und dann jener von diesem mitgenommen wird.

Die Einrichtung α gewährt den Vortheil, Gegengewichte von grösserer Schwere entbehren zu können, da jeder Theil im Verhältniss zum anderen als Gegengewicht dient. Hierdurch erfährt der Bewegungs-Mechanismus Vereinfachungen; es könnte aber sein, dass dafür anderweite Erschwernisse eingetauscht werden und dass sich auch Misslichkeiten durch die nicht zu entbehrende Anordnung einer Thür in der unteren Vorhangshälfte ergeben.

Ausgeführt war ein derartiger Vorhang für das abgebrannte National-Theater in Berlin.*) Ferner besitzen die Theater in Stettin und in Temesvar Vorhänge der inrede stehenden Ausführung.

Die beiden Ausführungsarten β 1 und β 2 sind in ihrer Durchführung, sowie in ihren Werthen nicht wesentlich verschieden. Die kleinen Unterschiede in den Bewegungs-Mechanismen, welche stattfinden, sind ohne weiteres zu übersehen.

Zur Erzielung der leichten und sicheren Bewegung eines Vorhangs wird dessen Gewicht durch Gegengewichte — bei grossen Vorhängen bis zu einem Unterschiede von etwa 500 kg — ausgeglichen; die Winde muss indessen, um für den möglichen Fall, dass ein Bruch des Gegengewicht-Seiles erfolgt, noch ausreichend zu sein, eine Hubfähigkeit übereinstimmend mit dem unverminderten Gewicht des Vorhangs besitzen. Um raschen Schluss des Vorhangs zu ermöglichen, muss die Winde eine Vorrichtung erhalten, durch deren, mit sehr geringer Kraft und von fern her zu bewirkende Auslösung der Vorhang zum Fallen gebracht wird. Wenn die Konstruktion diesen beiden Anforderungen genügt, ist man in der Wahl des Aufstellungsorts für die Winde frei; wenn nicht, besteht das Erforderniss, für die Winde einen Platz zu schaffen, der mit möglichst geringem Zeitaufwand und vor Feuersgefahr geschützt, erreichbar ist.

Vorhangkonstruktionen, die den hier mitgetheilten Bedingungen entsprechen, sind zahlreich ausgeführt. Zwei besondere Beispiele geben die Fig. 1004—1009, in denen auch die Einzel-Anordnungen klar gelegt werden.

*) Dtsche. Bauztg. 1883, S. 217.

Fig. 1004 a u. b. Eintheiliger eiserner Vorhang im Hoftheater zu Braunschweig.

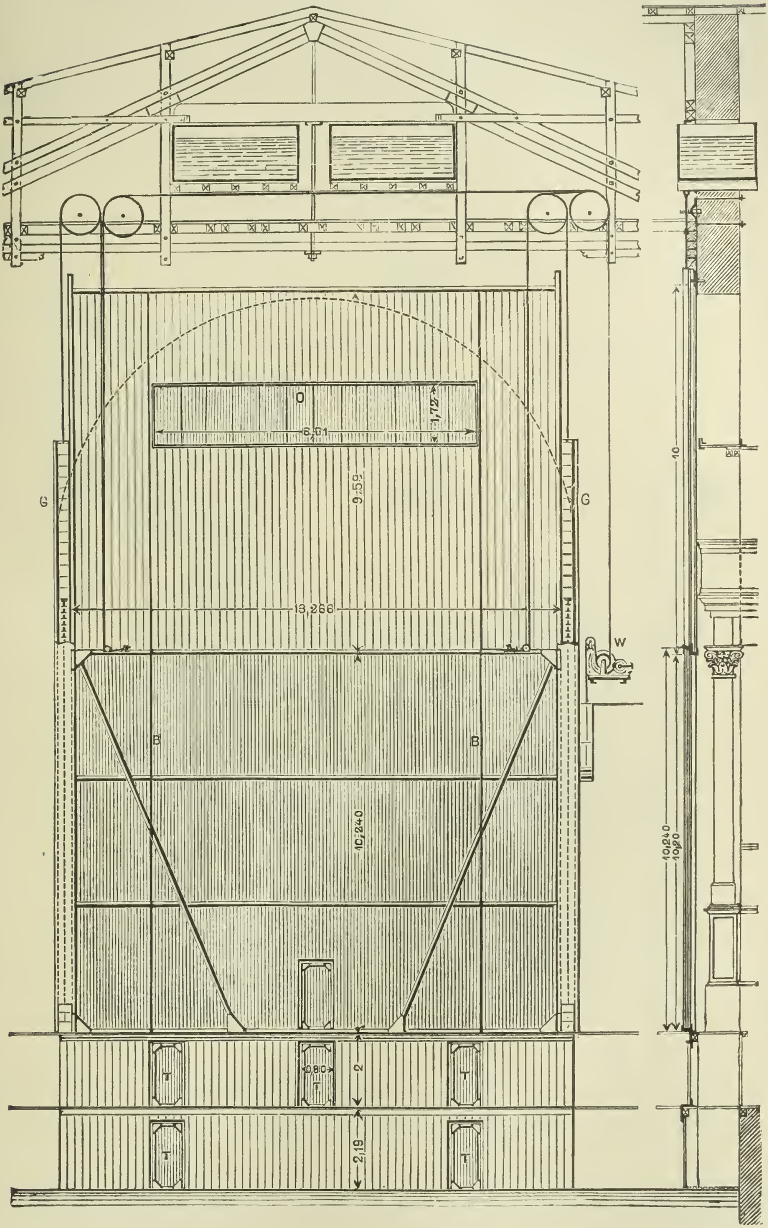
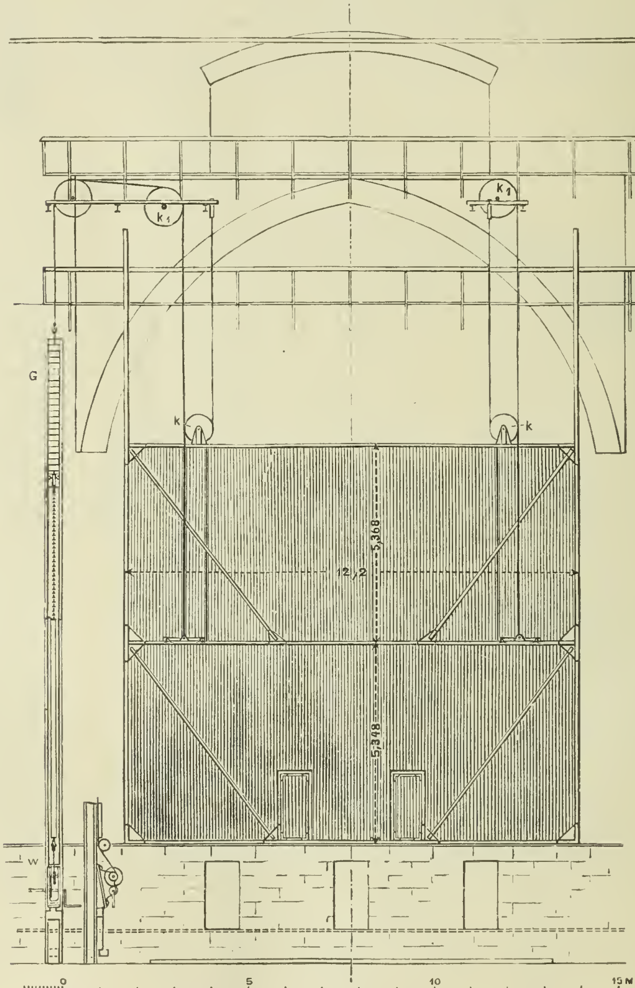


Fig. 1004 a und b: eintheiliger Vorhang im Hoftheater zu Braunschweig (ausgeführt von L. Bernhard & Co. zu Berlin). Von der sehr hohen Bühnenöffnung ist die obere Hälfte durch eine feste Wellblechwand geschlossen, in der eine schliessbare Oeffnung *O*, die zum Malersaal führt, sich befindet; einen gleichartigen Abschluss (mit fünf Thüröffnungen *T*) hat der unter Podiumhöhe liegende Theil der Wandöffnung erhalten. Zweiseitige Anordnung des Gegen-

gewichts *G* und Aufstellung der Winde *W* in beträchtlicher Höhe. — Die Fig. 1003a u. b stellen einen senkrechten Schnitt durch den Ober- und Unterrahm, und einen wagrechten Schnitt durch die seitliche Führung dar. *A* Bolzen zum Aufhängen der Sanddichtungsschiene; *B* Bolzen zum Zusammenschliessen von Ober- und Unterrahm; *D* Sanddichtung; *F* Holzleisten mit Filzbesatz, letzterer aufgebracht, um Geräuschlosigkeit beim Aufsetzen des Vorhangs auf das Podium zu sichern; *R* Führungsrolle und *S* wassergefüllter Dichtungsschlauch.

Fig. 1005—1009: Zweitheiliger Vorhang im kgl. Schauspielhause zu Berlin (gleichfalls von L. Bernhard & Co. ausgeführt). Der Abschluss der oberen Bühnenöffnung ist wie im vorigen

Fig. 1005. Zweitheiliger eiserner Vorhang im kgl. Schauspielhause zu Berlin.



Beispiel bewirkt, das Gegengewicht nur einseitig angeordnet, die Winde niedrig aufgestellt. Die Windenkette greift am unteren Ende des Gegengewichts an. Durch Einschaltung von zwei sogen. losen Rollen K_1 K ist die relative Bewegung der beiden Vorhanghälften so geordnet, dass beide ihre Endstellungen gleichzeitig erreichen. In den Einrichtungen der Einzelheiten bei den vorhandenen zwei Ober- und Unterrähmen, wiederholen sich die in Fig. 1003a u. b angegebenen Anordnungen; neu ist jedoch eine für die untere Vorhanghälfte angeordnete Führung F^v, Fig. 1006, auf einem Bolzen, welche den Zweck erfüllt, das Einhaken des Oberrahms E^1 in die Sandschiene *F* zu sichern.

Die Detailfigur 1007 giebt den wagrechten Schnitt des Gegengewichtkastens, welcher — zur Verhütung des Drehens des Gewichts — viereckige Form, so wie ein am Fusse des Kastens angebrachtes Luftventil *V* zeigt, welches durch die Verhinderung des Luftaustritts bremsend auf den Niedergang des Gegengewichts (bezw. das Steigen des Vorhangs) wirken soll; selbstverständlich muss das Gegengewicht am unteren Ende mit einer Abdichtung versehen sein (vergl. Fig. 1008). Zu Bremszwecken, insbesondere beim Niedergehen des Vorhanges, dient ferner eine Einrichtung, durch die das Gegengewicht veränderlich gemacht wird; dieselbe besteht aus einer am unteren Ende des Gegengewichtes angehängten schweren Kette mit Puffergewicht.

Der in Fig. 1008 dargestellte Apparat ist bestimmt, auf das Gegengewicht bremsend zu wirken, falls etwa ein Seilbruch vorkommt. Das Gegengewicht enthält einen Hohlraum, in welchen von unten aus Luft eintreten kann. Diese — durch den Fall des Gegengewichtes — etwas gespannte Luft tritt (durch Oeffnungen *O O*) in vier Gummibälle, bewirkt Aufschwellung derselben

Fig. 1006. Einzelheit zu Fig. 1005.

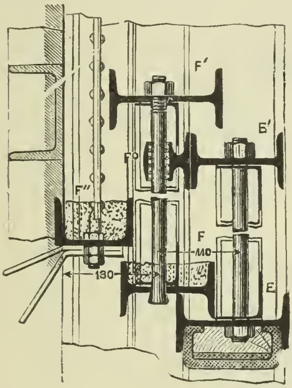


Fig. 1007. Gegengewichts-Kasten.

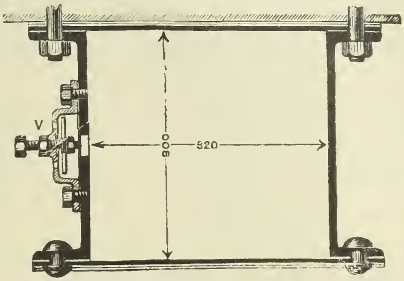


Fig. 1008. Brems-Apparat f. d. Gegengewicht.

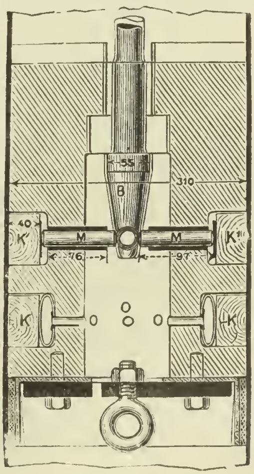
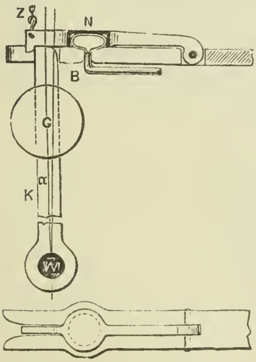


Fig. 1009 a u. b. Auslöse-Vorrichtung für das Gegengewicht.



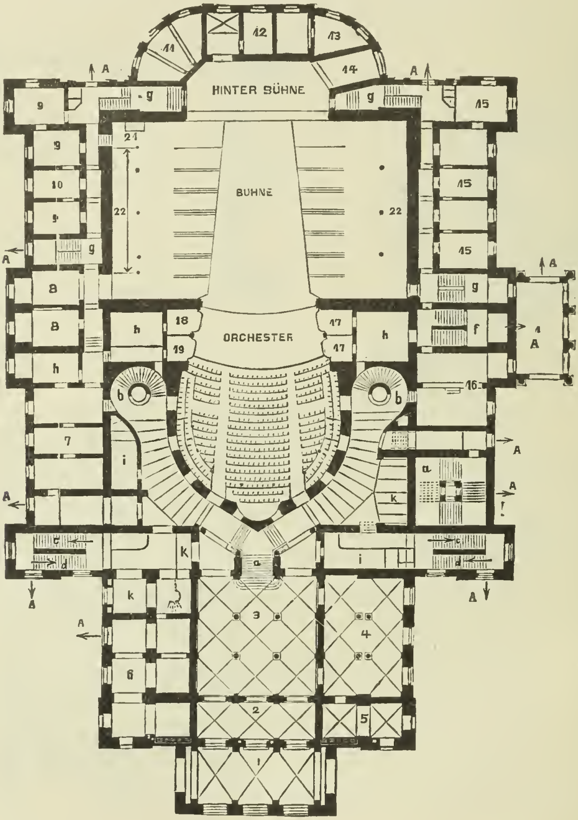
und damit das Andrücken von Holzklötzen *K K* gegen die Wand des Führungskastens. Wenn auf solche Weise eine leichte Verzögerung in der Fallgeschwindigkeit des Gegengewichtes eingetreten ist, wird der das untere Ende des Aufhänge-Seils bildende konische Bolzen *B* sich relativ gegen die Last bewegen und dadurch vier Stifte *M* andrücken, welche auf ebenso viele Holzklötze *K′ K″* wirken, und dadurch eine fernere Verzögerung in der Fallgeschwindigkeit herbei führen. — Die Figur zeigt am unteren Ende die oben erwähnte Stulp-Abdichtung des Gegengewichts.

Die Fig. 1009 a u. b geben im Grundriss und senkrechten Schnitt die wichtige Auslöse-Vorrichtung der Winde, welche zu benutzen ist, wenn der Vorhang rasch fallen soll. Auf der Trommelwelle *W* der Winde steckt, mit sehr geringer Neigung gegen die Senkrechte, ein mit Gegengewicht *G* belasteter längerer Hebel *K*, dessen Normalstellung durch die kurze Nase einer Klinke *N* gesichert ist. Das Heben dieser Klinke kann entweder durch einen zu entsprechender Stelle geführten Ketten- oder Drahtzug *Z*, oder durch Schwellung eines untergelegten Gummiballes *B* bewirkt werden, dem die Luft von beliebig weit entfernter Stelle durch einen zweiten Ball und ein enges Rohr zugeführt wird. Selbstverständlich kann zum Heben der Klinke *N* auch

von Druckwasser-Antrieb oder von Elektrizität Gebrauch gemacht werden.*) — Bei der gewöhnlichen Bedienung des Vorhanges erfolgt das Niederlassen durch Auslösen der Klinke von Hand und demnächstiges Rückwärtsdrehen der Kurbel; als sogen. Sicherheitswinde ausgeführt, gestattet die Winde die leichte Regelung der Fallgeschwindigkeit des Vorhanges.

Ein kleinerer Wellblechvorhang, welcher bereits der neuen preussischen Theater-Verordnung entsprechend konstruirt wurde, ist der des 1895 umgebauten Emil Thomas-Theaters zu Berlin. Bei einer Breite der Bühnenöffnung von $9{,}4^{m}$ sind in Zwischenräumen von 2^{m} Höhe wagrechte Querträger angeordnet, welche aus I Eisen Normalprofil 17 gebildet sind und den Druck auf die seitlichen

Fig. 1010. Hoftheater in Schwerin. Erdgeschoss.



Führungen übertragen. Diese Eisenstärken wurden nothwendig, trotzdem das Schmiedeisen bei der vorgeschriebenen Belastungsannahme von 90^{kg} für 1^{qm} mit 1500^{kg}, d. i. nahe bis zur Elastizitätsgrenze, beansprucht wird.

7. Flure, Treppen und Ausgänge. Die zweckmässige Anlage der Ausgänge wird am besten durch Mittheilung guter Beispiele klar gestellt. Im Stadttheater zu Halle (vergl. Fig. 998, S. 399) vermittelt ein in seinen Haupttheilen $4{,}59^{m}$ breiter, den Zuschauerraum umschliessender Flur den Verkehr nach und von den Treppen und Ausgängen. Das Parkett öffnet sich nach diesem Flur

*) Ueber eine elektr. Auslöse-Vorrichtung — von Pfeiffer & Druckenmüller in Berlin — vergl. Dtsche. Bauztg. 1883, S. 96. Ferner ist hier zu verweisen auf die im Eingange angeführte Schrift von F. Bahr.

mit zehn auf die Seitenwände und die Rückwand vertheilten Thüren, so dass die das Parkett verlassenden Personen nicht, wie bei älteren mangelhaften Anlagen, ihren Weg nach der Bühne zu nehmen müssen. Während eine Eintrittshalle im Untergeschoss unter dem Foyer den Verkehr zu den Vorplätzen und Treppen gemeinsam für alle Ränge vermittelt, sind die Ausgänge für das Parkett und die beiden Ränge getrennt angelegt. Vom Flur des Parketts führen vier Ausgänge unmittelbar ins Freie; jeder Rang hat zwei Treppen, die ebenfalls unmittelbar ins Freie führen.

Das Hoftheater in Schwerin, Fig. 1010 ist 1885 für die besonderen Bedürfnisse einer Hofhaltung und kleinen Residenzstadt gebaut und besitzt, bei nur 1100 Zuschauern, drei Ränge. Hier sind die Ausgänge für das Parkett und den I. Rang gemeinsam angelegt. Besonders eigenartig ist die Treppenanlage für den II. und III. Rang. Um den Platz für ein drittes und viertes Treppenhaus zu sparen und doch jedem Rang zwei besondere Treppenausgänge zu geben, sind je zwei Treppen in demselben Treppenhaus so über einander gelegt, dass jede derselben für einen Rang dient. Die Mittelwange muss dann selbstverständlich massiv sein, damit die beiden Menschenströme vollständig von einander getrennt sind. Man muss auch mit in den Kauf nehmen, dass die lichten Höhen über den Treppen und Podesten sehr gering werden und auf das zulässigst kleinste Maass beschränkt sind. In Fig. 1011 ist schematisch der Längsschnitt

Fig. 1011.

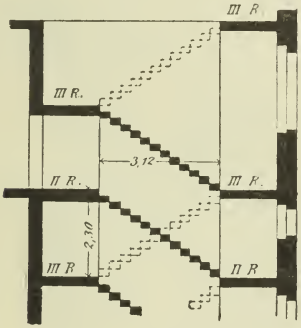
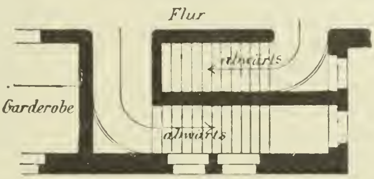


Fig. 1012.



eines derartigen Treppenhauses dargestellt. Die gleiche Anordnung lässt sich auch für denselben Rang treffen, wenn man an der Breite des Treppenhauses sparen will; Fig. 1012 giebt den Grundriss hierzu. Da die Podeste von Fussboden zu Fussboden mindestens 2,30 m entfernt bleiben müssen, ist eine Mindest-Lauflänge von 3,12 m erforderlich und es wird somit durch die grössere Länge des Treppenhauses ein Theil der an der Breite gewonnenen Ersparniss wieder aufgehoben.

Von den seit Erlass der Polizei-Verordnung vom Oktober 1889 neu entstandenen Theatern verdient das „Neue Theater", 1889/92 am Schiffbauerdamm in Berlin nach den Plänen von Heinrich Seeling erbaut, deshalb besondere Beachtung, weil dasselbe auf dem Hinterlande eines grösseren Grundstückes — nicht unmittelbar an der Strasse — errichtet ist, und infolge dessen den Vorschriften der genannten Verordnung entsprechend die Zufahrten, Ausgänge usw. unter besonders erschwerten Bedingungen anzulegen waren. Das 810 Sitzplätze enthaltende Theater ist in No. 76 und 78, Jahrgang 1893 der Deutschen Bauztg. ausführlich unter Beigabe von Zeichnungen beschrieben.

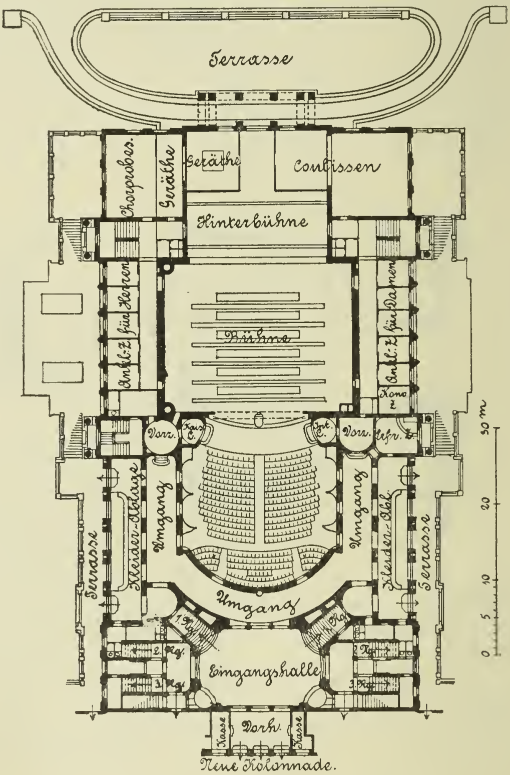
Das neue kgl. Theater in Wiesbaden 1892/94 von den Architekten Fellner und Helmer in Wien inmitten der Kuranlagen des berühmten Badeortes erbaut,*) bietet hinsichtlich der Anlage der Ausgänge und Treppen insofern Bemerkenswerthes, als die Zugangstreppen zu den einzelnen Rängen in äusserst klarer und übersichtlicher Anordnung strahlenförmig von der geräumigen Ein-

*) Vergl. No. 43 und 43a 1894 Centralbl. d. Bauv. Desgl. Dtsche. Bauztg. 1898 S. 413 u. ff. mit Grundrissen und Schnitten.

gangshalle abzweigen. Bei aller Bequemlichkeit nimmt die ganze Anlage der Verkehrsräume, wie ein Blick auf den Grundriss, Fig. 1013, lehrt, eine erstaunlich geringe Grundfläche ein, und ist dieselbe als geradezu mustergültig zu betrachten. Um Stauungen beim Entleeren der oberen Ränge zu vermeiden, sind neben den Umgängen derselben noch breite Terrassen längs der Seiten des Hauses angeordnet, mit welchen die Flure durch zahlreiche Thüren verbunden sind. Im Durchschnitt kommen auf einen Ausgang von 1,50 m Breite nur 40 Personen, so dass die Entleerung des vollbesetzten Hauses sich in zwei bis drei Minuten vollziehen kann.

Die Vorschrift, dass die nach aussen aufschlagenden Thüren nur durch einen einzigen Griff geöffnet werden sollen, verbietet bei Flügelthüren die Verwendung der gewöhnlichen Kantenriegel. Im Kroll'schen und Wallner-Theater zu Berlin sind daher am zweiten Flügel an der Ober- oder Unterseite, oder bei grossen Flügeln an beiden Stellen durch leichte Federn in ihrer Stellung gehaltene Fallen angebracht, welche bei starkem Druck gegen die Thür einfach nachgeben. Baskülverschlüsse nach Art der üblichen Fensterbasküls sind ebenfalls vielfach verwendet. Im übrigen steht hier noch ein weites Feld für Verbesserungen offen.

Fig. 1013. Königl. Theater in Wiesbaden. Erdgeschoss.



Gelegentlich der Ausstellung für Unfallverhütung in Berlin im Jahre 1889 war ein kleines Theater erbaut, an welchem dem Publikum Gelegenheit gegeben werden sollte, alle neueren Schutzmaassregeln auf der Bühne kennen zu lernen. Näheres hierüber ist in dem vorhin bezeichneten Aufsatz des Centralblatt d. Bauverwalt. 1889, No. 28 enthalten. An diesem Bau wurden die Ausgangsthüren mittels elektrischer Kraft geöffnet.

Durch Umbau erhielt 1895 das neue kgl. Operntheater (früher Kroll) in Berlin ein grossartiges Bühnenhaus. Drei Bühnenkeller sind vorhanden, der Schnürboden liegt 24 m über der Bühne. Rechts und links von der Bühne sind 2,55 m breite Gänge angelegt mit Treppen und den Garderoben in drei Stockwerken.*)

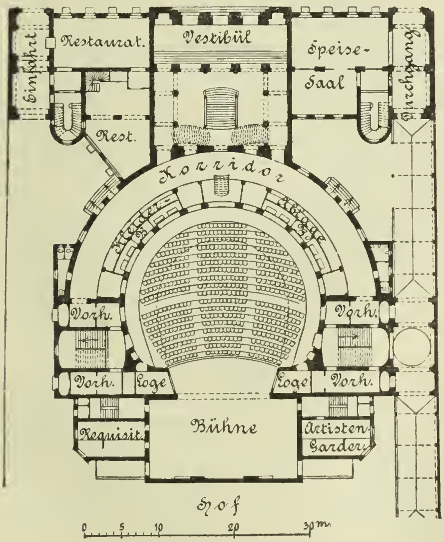
Für die Volksbühnen, Schöpfungen der neuesten Zeit, bei welchen der grösste Theil der Plätze des Zuschauerraumes im Parkett liegt, und auf szenische Bühneneffekte durch bewegliche Kulissen usw. fast ganz Verzicht geleistet wird, liegen die Verhältnisse hinsichtlich der Feuersgefahr und schnellen Entleerung des Hauses

*) Vergl. Berlin und seine Bauten, 1896, Seite 497, woselbst der Grundriss der Gesammt-Anlage und der Schnitt durch das Bühnenhaus wiedergegeben ist.

viel günstiger. So sind im stätischen Spiel- und Festhaus zu Worms, erbaut von Baurath O. March, veröffentlicht in No. 14 der D. Bauztg. 1890, sowie in No. 16 und 17 Jahrg. 1890 des Centralbl. d. Bauverw., im Zuschauerraum 33 Ausgänge vorhanden, und erwies sich bei einer probeweisen Entleerung des Hauses durch Schulkinder ein Zeitraum von 40 Sekunden als ausreichend.

Die bisher besprochenen Theaterbauten gehören zu denjenigen, welche alle nach der Polizei-Verordnung vom Oktober 1889 an eigentliche Theater zu stellenden Anforderungen erfüllen. Nach einer Verfügung des Berliner Polizei-Präsidenten finden indess seit 1899 die Vorschriften der §§ 3—43 und 79 der obigen Verordnung auch Anwendung auf den Bau von Spezialitäten-Theatern, während in früherer Zeit eine Anzahl von Schaubühnen mit unverbrennlichen Kulissen, aber ohne Versenkungen, Schnürboden usw. nur als Versammlungsräume angesehen wurden, und damit unter § 74 jener Verordnung fielen. So war u. a. bei dem von den Architekten Fellner und Helmer erbauten „Theater Unter den Linden“, in Berlin, jetzt Metropol-Theater genannt, für die Gestaltung und Gruppirung der Räume von sehr wesentlichem Einfluss, dass das Unternehmen sich nicht als Theater, sondern als Lokal zur Veranstaltung öffentlicher Lustbarkeiten einführte; daraus ergaben sich aber später für die neue Theaterleitung schwer zu behebende Schwierigkeiten und Rechtsfragen. Der Erdgeschoss-Grundriss ist in Fig. 1014 mitgetheilt. Anstatt des bei Theaterbauten abgetrennten Umganges besitzt hier das Zuschauerhaus einen dasselbe im Halbkreis umschliessenden Umgang, der in den oberen Rängen nach dem Theatersaal durch weite Bögen sich öffnet und als Wandelgang, Wintergarten und zu Logen ausgebaut ist. So stellt der Theatersaal mit diesen Anbauten einen einzigen, grossen Raum dar, dessen Theilungen nur zur Erzielung malerischer Durchblicke angelegt zu sein scheinen. Für ein weiteres Studium der eigenartigen Anlage wird auf die Veröffentlichung in der Deutschen Bauzeitung 1892, No. 91 und 95 verwiesen.

Fig. 1014. Theater Unter den Linden in Berlin. Erdgeschoss.



Wenig nachahmenswerth erscheint die umfangreiche Anlage des Deutschen Theaters mit Gesellschaftssälen in München (Arch. Franz Rank i. M.), eingeengt durch Wohnhausgruppen mit Café, Restaurationen und Läden, hinsichtlich der engen Bebauungsweise und der Zufahrt, der Anzahl der Treppen, sowie der Ausgänge nach schmalen Durchfahrten.*) Vom Vestibül mit links- und rechtsseitigen Kleiderablagen gelangt man in das unter dem Parkett liegende Foyer. In der Höhe des Parketts stehen durch die Vermittlung einer Wandelhalle mit dem Zuschauerraum die in sich zu benutzenden und abzutrennenden Gesellschaftssäle mit eigenem Aufgang in Verbindung.

Bühne, Parkett, Wandelhalle und Silbersaal können eine Raumgruppe zur Aufnahme von 3000 Personen bilden, für welche kein unmittelbarer Ausgang zur Strasse geschaffen ist, während die Hoffläche die Menschenmenge nicht ausreichend fassen kann. Bei der Beurtheilung der Anlage ist zu berücksichtigen, dass es

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1899, Seite 609 u. ff. mit mehreren Abbildungen.

in dem betreffenden Falle auf möglichste Ausnutzung eines tiefen Grundstückes von sehr unregelmässiger Gestalt ankam.

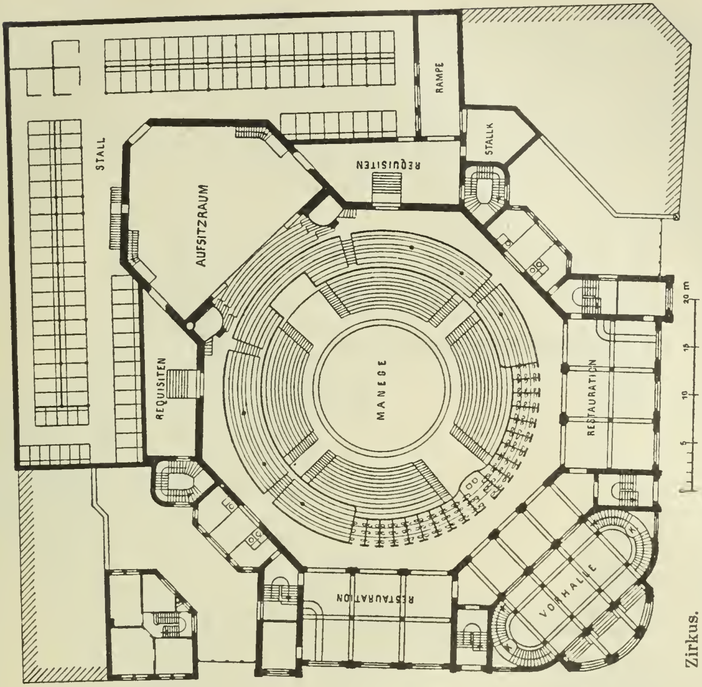
Eine geschickte und beachtenswerthe Lösung bietet das neue Apollo-Theater zu Düsseldorf*) (Arch. Hermann vom Endt in D.), mit einem Fassungsvermögen von mehr als 3000 Personen. Es dient einerseits der heiteren Muse und Konzert-Aufführungen mit einer Bühne ohne Versenkungen, andererseits kann das Theater durch Entfernung des Parkettfussbodens, Freilegung der darunter liegenden Arena und durch amphitheatralische Anordnung der unteren Sitze bis zur Brüstungshöhe des I. Ranges in einen Zirkus umgewandelt werden. Drittens soll es für vorübergehende Ausstellungen Verwendung finden. Für den Zirkus ergiebt sich anstelle der Bühne mit beweglichem Fussboden ein Sattelplatz und Aufsitzraum, der mit den 1,5 m tief im Erdboden liegenden Stallungen, sowie den darüber befindlichen Garderoben und Requisitenhäusern in unmittelbarer Verbindung steht. In der fächerartigen Anordnung dieser Nebenbauten zur Bühne liegt der besondere Vorzug, dass drei unter sich trennbare Raumgruppen gebildet werden, deren jede für sich abschliessbar, deren Lage zugleich eine solche ist, dass die Feuerwehr von mehreren Seiten angreifen kann. Von jedem Range führen 4,0 m breite Treppen unmittelbar ins Freie. Treppenanlagen und Ausgänge sind geräumig.

In Fig. 1015a ist das Parkett des Theaters, in Fig. 1015b der Grundriss nach Verwandlung in einen Zirkus wiedergegeben.

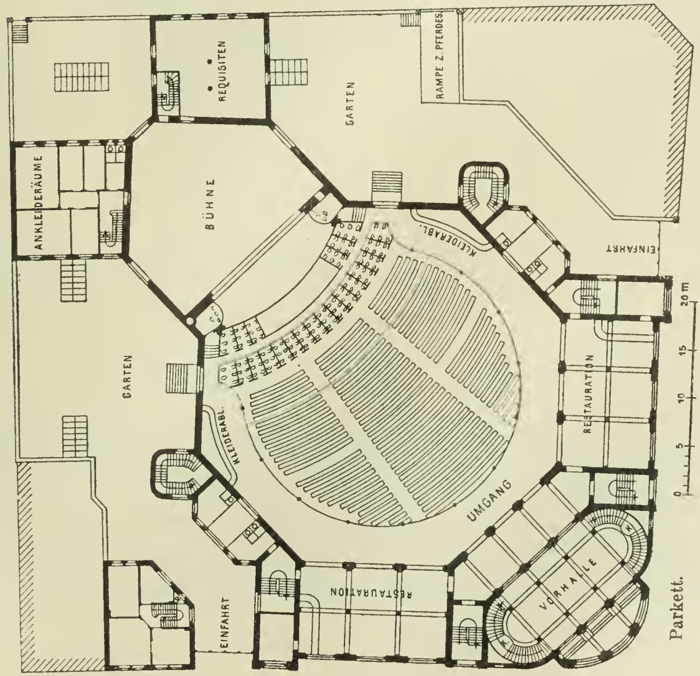
Bei dem 1897 erfolgten Neubau der Komischen Oper zu Paris,**) würden nach unseren Anschauungen die in den vier Ecken des Zuschauerhauses frei aufsteigenden Rangtreppen, die nur durch Säulen gegen die Umgänge abgetrennt sind und zur gemeinsamen Benutzung verschiedener Ränge dienen, unzulässig sein. Ernste Bedenken sind gegen das Bühnenhaus mit seinen zahlreichen Nebenräumen, die der bequemen Verbindungen ermangeln, zu erheben. Die Dachflächen sind aus eisernen Bindern und Trägern mit dazwischen gespannten Kappen aus einer Ziegelflachschicht aufgebaut, darüber Holzgespärre, Schalung und Schiefereindeckung. Die Sperrsitze sind mit einem Umgange längs der Logenbrüstungen und mit einem Mittelgange versehen, und besitzen ausser zwei Zugängen neben dem Proszenium einen breiten Eingang in der Mitte der Rückseite. Die Behörden halten mit mehr Strenge wie früher (z. B. grosse Oper) darauf, dass der Mittelgang nicht mit Sesseln verstellt und in den Umgängen keine Klappsitze angebracht werden.

Das neue deutsche Schauspielhaus in Hamburg***) ist nach dem Vorbilde des deutschen Volkstheaters in Wien errichtet. Von der geräumigen Eintrittshalle gelangt man zu einem 4,5 m breiten Umgang mit günstig gelegenen Kleiderablagen und von da in den Saal durch 11 zweiflügelige Thüren. Das Parterre selbst zerfällt zwischen den beiden 1 m breiten Seitengängen, dem 1,25 m breiten Mittelgange und dem 1,5 m breiten Gange im Rücken in zwei Sitzblöcke mit je 25 Reihen. Reichlich bemessene Verhältnisse für die gesammte Entleerung sind vorgesehen. Ebenso wurde umfassende Vorsorge hinsichtlich grösster Feuersicherheit getroffen. Es sind die Zwischendecken in Monier, die Treppen in Kunststein, die Decken des Zuschauerraumes, der Dachstuhl in Eisen und Beton, die Zwischenwände, Bögen und Galeriebrüstungen in Rabitz, die Bühneneinrichtung durchweg in Eisen hergestellt. Die wenigen Holztheile, die Fussböden für Zuschauerraum, Orchester, Bühne und Galerien wurden feuersicher getränkt. Alle übrigen Fussböden sind in Terrazzo und Xylolith ausgeführt. Zum Abschluss der Bühne wurde ein voller eiserner Vorhang auf Eisengerüst mit Drahtseilen aufgehängt und mit rauchsicherer Führung und Einhakung, mit eiserner Aufstandsschiene und entsprechendem Druckwasser-Nebenmechanismus so ausgebildet, dass derselbe mittels Handbetrieb gehoben und durch Wasserdruck mit einem Ruck von der Bühne und vom Bühnenflur aus gesenkt werden kann. Das ganze Haus hat eine streng gesonderte Nutz- und Feuerwasserleitung. Die letztere erhielt einen Ringstrang im Untergeschoss, von welchem sich die einzelnen Steigerohre ab-

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1899, Seite 654.
**) Vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1897, S. 262.
***) Vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1901, No. 1.



Zirkus.



Parkett.

Fig. 1015a u. b. Apollo-Theater in Düsseldorf. (Arch.: Hermann vom Endt in Düsseldorf.)

zweigen zu zwei Feuerhähnen der Unterbühne, zu vier am Bühnenpodium, zu einem auf der Hinterbühne, zu zwei auf der Arbeitsgalerie, zu vier in den Flurgängen des Erdgeschosses und der Ränge und zu einem im Dachboden. Auch eine Regenvorrichtnng ist vorhanden. Eine elektrische Nothbeleuchtung, von Akkumulatoren gespeist, ist derartig vollständig, dass man im ganzen Hause zur Nachtzeit ohne jede andere Beleuchtung verkehren kann. Für die Lüftung der Bühne bei Feuersgefahr ist ein 68 qm grosses vom Courtinenwächter nach zwei Seiten zu öffnendes Klappfenster von $^1/_4$ Querschnitt des Bühnenpodiums vorgesehen.

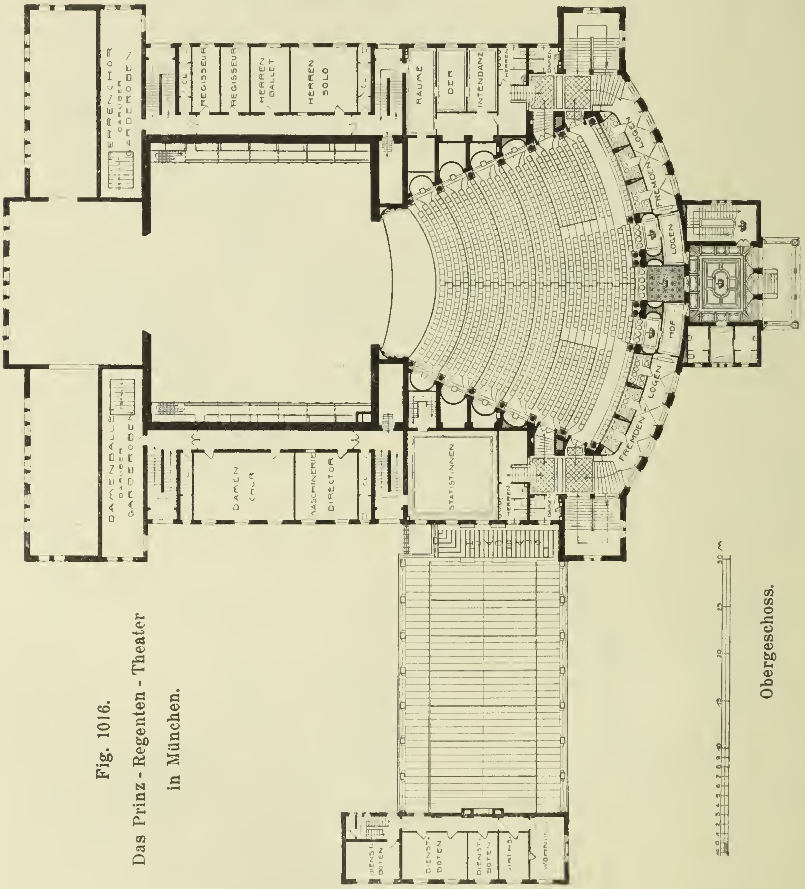


Fig. 1016. Das Prinz-Regenten-Theater in München.

Bei dem vom Arch. Bernhard Sehring, Berlin, erbauten Theater des Westens in Berlin*) ist die Grundrissgestaltung des Zuschauerraumes besonders eigenartig; klar und übersichtlich sind die Zugänge zu den zahlreichen Treppen. An das ringsum freistehende Theater schliesst sich das Kessel- und Maschinenhaus mit dem darüber befindlichen Dekorationsmagazin an, welches durch eine Brücke in gleicher Höhe mit der Hinterbühne verbunden ist.

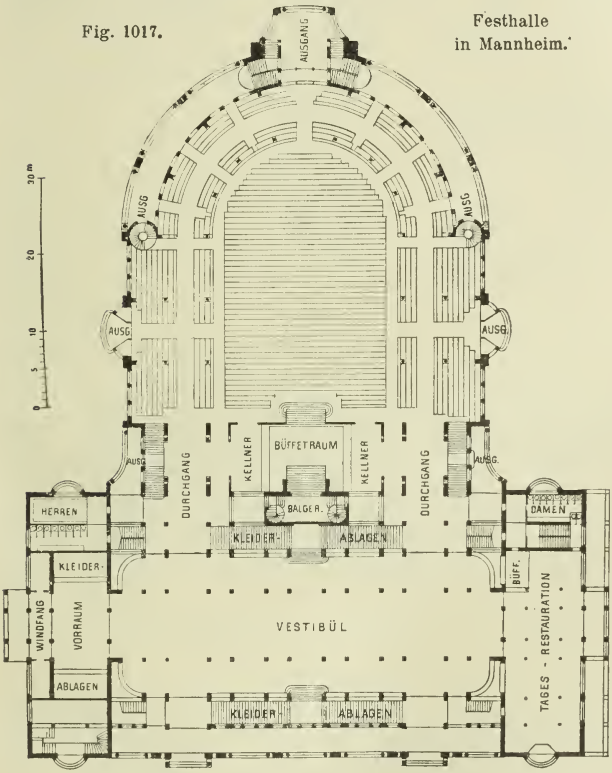
Das Hofburgtheater in Wien**) zeichnet sich durch ungewöhnliche Grössenverhältnisse aus, daher zur Aufführung feinerer Lustspiele (sogen. Konversations-

*) Vergl. Berlin u. s. Bauten, S. 509.
**) Dtsche. Bauztg. 1896, S. 613 u. ff.

stücke) weniger geeignet. Es besitzt mächtige Foyers, zwei riesige je einen ganzen Gebäudeflügel einnehmende Prunktreppen, selbständige Treppenhäuser nebst neun sich in flachen Bogen um den Zuschauerraum gruppirenden selbstständigen Treppen, sowie zwei Treppen für die Proszenium-Hoflogen. Parterre und Parkett, die von den Vorräumen durch gerade Treppen zu erreichen sind, wurden höher gelegt, um einen Kaisergang unterhalb des Parterre-Logenganges zur Verbindung der Loge der Majestäten und derjenigen der Erzherzöge und zur Kaiserlichen Repräsentationsloge anordnen zu können.

Zuletzt sei noch als eine ungewöhnliche Anlage gegenüber allen Theatern das Prinz-Regenten-Theater in München*) angeführt, von dem wir in Fig. 1016 den Grundriss des Obergeschosses wiedergeben. Es enthält das aus dem Wagnerschen Bayreuther Theater übernommene Amphietheater und das verdeckte Orchester, ferner eigenartig eine seitliche Schliessung des Zuschauerraumes durch die in Nischen gegliederte Abschlusswand. Reichliche Bemessung der dezentralisirt angelegten Ausgänge erhöht die Sicherheit der Theaterbesucher. 12 Ausgänge in der Breite von je 1,70 m verbinden das in sechs Abtheilungen zerfallende Parkett mit den Foyers. Die Kleiderablagen, gleichfalls in sechs Abtheilungen, sind konzentrisch vorgelagert wie der Wandelgang, der zum Theil die Aufgabe des nicht sehr grossen Vestibüls übernehmen muss. Während in Bayreuth die Treppen zum Zuschauerraum innerhalb der senkrecht zur Bühne stehenden Saalwände liegen, befinden sich die Treppen in München ausserhalb der schräg zur Bühne stehenden Saalwände. Die Vorkehrungen gegen Feuersgefahr bestehen in der Durchführung von Betoneisendecken, Rabitzgewölben und der völlig in Eisen hergestellten Bühneneinrichtung. Dem § 54 der Münchener Bauordnung ist durch Ausführung der sehr breiten Proszeniumwand Rechnung getragen. Bühne und Hinterbühne haben je einen eisernen Vorhang; letztere ist durch eiserne Schubthore gegen die Kulissenmagazine abgetrennt. Der Stehle'sche Regenapparat, sowie eine das Gebäude umziehende Wasserleitung mit 5 Hydranten ausserhalb, 19 auf der Bühne, 8 auf den Gängen und 4 im Zuschauerhause sind weitere Sicherungen.

Fig. 1017. Festhalle in Mannheim.



*) Dtsche. Bauztg. 1901, S. 408 ff. Centralbl. der Bauverw., S. 565.

Im öffentlichen Leben der grösseren rheinischen wie der badischen Städte spielen die Festhallen eine bedeutsame Rolle. Von den in den letzten Jahren in grösserer Anzahl entstandenen Bauten sei hier nur die von Bruno Schmitz entworfene Festhalle in Mannheim*) kurz erwähnt, von welcher wir in Fig. 1017 den Grundriss des Erdgeschosses wiedergeben. Die Hauptbestandtheile der Anlage sind die grosse Halle für 5000 Sitze und der kleine Konzertsaal. Mittels des Orchesterpodiums der grossen Halle wird eine organische Verbindung dieses Raumes mit dem im ersten Obergeschoss gelegenen kleineren Konzertsaal zwecks gemeinsamer Benutzung hergestellt. Ausser dem das ganze Saal-Erdgeschoss einnehmenden Garderobenvestibül vermitteln zwei je 7.5 ^{m} breite seitliche Durchgangshallen den Zugang zur grossen Halle und je 2,50 ^{m} breite Treppenaufgänge den Zugang zu den Galerien. Durch vier, je 3 ^{m} breite Haupttreppen gelangt man zu dem oberen kleinen Saal. Ausserdem führen von der grossen Festhalle Ausgänge unmittelbar ins Freie.

Nachfolgend sei noch auf einige Umbauten von Versammlungs- und Konzertsälen aufmerksam gemacht, welche durch die Verordnung vom Oktober 1889 unmittelbar veranlasst oder wenigstens beeinflusst waren:

Der Saal der Singakademie zu Berlin, im Jahre 1825—27 durch Ottmer unter Benutzung Schinkel'scher Gedanken erbaut, war schon mehrere Male, 1865 nach Angaben von Gropius, 1875 durch Hellwig, in seinen Zugängen und Treppen verbessert worden und ist 1888 durch Reimer und Körte durchgreifend unter Beachtung der neuen polizeilichen Bestimmungen, die demnächst inkraft treten sollten, für eine Besucherzahl von 1300 Personen umgebaut worden. Die hierbei zu überwindenden Schwierigkeiten sind eingehend in der Veröffentlichung Jahrgang 1, No. 14 der Blätter für Architektur und Kunsthandwerk beschrieben.

Der Neubau des Konzertsaales der Philharmonie**) in Berlin, 1888 von dem Architekten Brth. Schwechten errichtet, hatte zwar sehr geräumige Kleiderablagen, aber dem ursprünglich bescheidenen Bauprogramm entsprechend nur sehr einfache Nebenanlagen; besonders fehlte es an einem Foyer sowie an Nebenräumen für grössere Festlichkeiten. Im Jahre 1898 wurde zu einer grossartigen Erweiterung geschritten, Baurath Heim schuf durch Um- und Neubauten eine umfangreiche Anlage, zerfallend in drei Raumgruppen: Den alten Saal von Nebenräumen umgeben, den Oberlichtsaal im mittleren Theile, umgeben von den geräumigen Kleiderablagen mit Vestibül und Verbindungssaal mit dem alten Saal, und drittens die für sich bestehende Gruppe des Beethoven-Saales mit dem Zugang von der Köthenerstrasse. Bei der Plangestaltung ist auf eine Benutzung im Zusammenhange mit anderen Raumgruppen Bedacht genommen, unter Anordnung zweckentsprechender Verbindungen zu den Kleiderablagen, zu den Treppen, sowie angemessener Entleerungsverhältnisse. Dadurch ist die vielseitigste Verwendung der Raumgruppen einzeln und im wechselseitigen Zusammenschluss ermöglicht, sowie auch den Forderungen der Polizei-Verordnung Genüge geleistet.

Der Oberlichtsaal wird durch das fast die ganze Deckenfläche einnehmende Oberlicht beleuchtet mit der sehr vortheilhaften Anordnung des elektrischen Bogenlichtes von 16 Hrabowski-Reflektoren über dem Oberlicht. Das Vestibül zur glanzvollen Beethoven-Saalgruppe öffnet sich mit fünf Thüren; eine zweiarmige Treppenanlage führt in das Zwischengeschoss zu den geräumigen Kleiderablagen. Ueber ihm liegt der Saal, zu welchem die in den vier Ecken der Gruppe angeordneten Treppen führen. Die letzteren münden in zwei an der Längsseite des Saales unter den Galerien entlang ziehende Gänge, nach welchen sich die zahlreichen Saalthüren öffnen, hierbei wird das geräuschvolle Gehen zu den Saalsitzen auf die kürzesten Entfernungen beschränkt. Die ganze eigenartige Anordnung kommt den Verkehrsbedürfnissen in vortrefflicher Weise entgegen.

Der Umbau des alten Gürzenich-Saales zu Köln a. Rh., 1890 nach den Plänen der Stadtbauräthe Weyer und Heymann ausgeführt,***) hat sich auf einen vollständigen Neubau der Treppenhäuser für den Festsaal und die Musikertribüne

---

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1899, S. 201 u. ff.

**) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1899, S. 265.

***) Für näheres Studium wird auf die Veröffentl. im Centralbl. der Bauverw. 1894, No. 39 verwiesen.

erstreckt. Durch denselben ist nicht nur die schnelle Entleerung des Festsaales im I. Obergeschoss und des unter demselben gelegenen Börsensaales im Erdgeschoss bei ausbrechender Panik sichergestellt, sondern es ist zugleich eine grössere Zweckmässigkeit der Anlage für den Verkehr der Festtheilnehmer bei

Fig. 1018a. Theaterstuhl nach Schleicher's Patent.

Stuhl mit amerikanischem Holzsitz. Stuhl mit Polsterung.

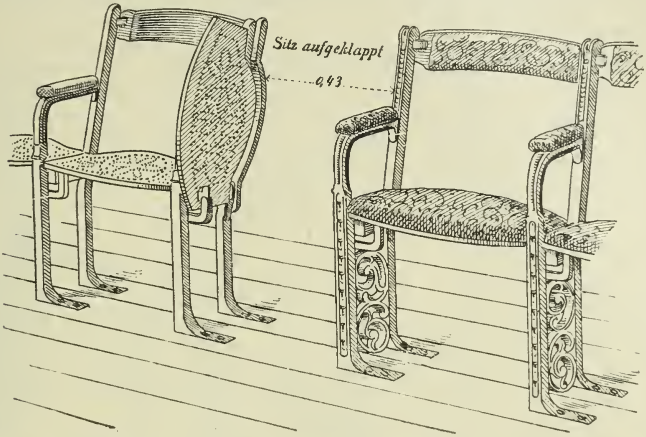


Fig. 1018b. Ausgang aus einem Parkett nach alter Ordnung.

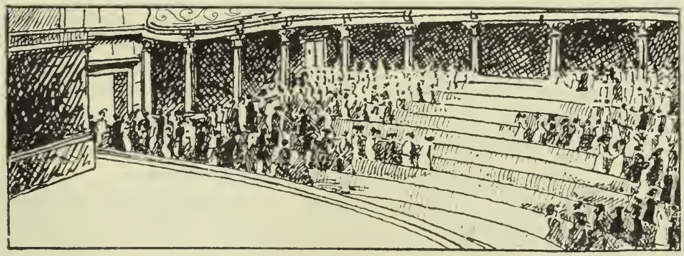
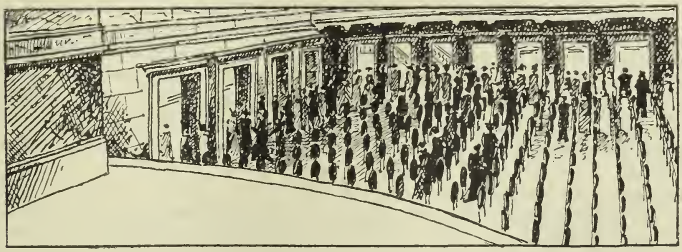


Fig 1018c. Ausgang aus einem Parkett mit neuer Stuhl-Einrichtung nach Schleicher's Patent.



gleichzeitiger Benutzung beider Säle gewonnen worden. und es wurde somit das alte Kölnische Kauf- und Tanzhaus der wachsenden Bedeutung der Stadt und der stetigen Zunahme ihrer Bevölkerung entsprechend auf einen längeren Zeitraum hin wieder geschickt gemacht, den Mittelpunkt für den geschäftlichen und geselligen Verkehr der alten rheinischen Metropole zu bilden.

Zum Schlusse sei noch eine in London öfter wiederkehrende Anlage der Theaterausgänge erwähnt, über welche im Centralbl. der Bauverw. Jahrg. 1888, No. 43 der damalige technische Attaché, jetzige Geh. Ob.-Brth. Thür unter Beifügung von Zeichnungen mehrfacher Beispiele berichtet hat, nämlich die unterirdische Anlage der Theater. Diese Eintiefung wird durch den Untergrund der Stadt, der allenthalben aus einem in grosser Mächtigkeit anstehenden, von wasserführenden Schichten nicht durchbrochenem Thon (London Clay) besteht, begünstigt. Es liegt bei einer grösseren Anzahl neuerer Theater der Fussboden des Zuschauerraumes durchschnittlich etwa 5 m unter der Strassenfläche, so dass die Ausgänge aus dem Sperrsitze und der „Grube" (letztere entspricht unserem Parterre) treppauf führen, während die Ausgänge des I. Ranges ungefähr in gleicher Höhe mit dem Strassenpflaster liegen. Es wird angenommen, dass beim Heraufsteigen der Treppen ein so verhängnissvolles Gedränge wie beim Absteigen nicht entstehen könne.

8. Sitze: Die gewöhnliche Form der Sitze in dem Parkett und den Rangreihen ist die von Klappsitzen, welche selbstthätig aufklappen.

Die Ansichten über die von Schleicher erfundenen, in Fig. 1018 a, b, c dargestellten Stühle, an welchen zugleich die Lehne nach der Seite klappt, so dass auch senkrecht zur Bühne offene Gänge von 43 cm Breite freigegeben werden, sind bisher, mangels einer umfangreicheren Ausführung derselben, noch auseinander gehend. Während von der einen Seite die Herstellung der freien Gänge, in welchen das Publikum, von der Bühne abgewendet, nach hinten flüchten kann, als besonders heilbringend bezeichnet werden, werden von anderer Seite die vielen einzelnen, inmitten des Raumes stehen bleibenden Stühle mit ihren vorspringenden Theilen als nicht günstig angesehen, und wird auch angenommen, dass die Stauung und Panik an den Ausgangsthüren um so stärker auftritt, je mehr Personen gleichzeitig an dieselben gelangen können.

Für die älteren Theater, in welchen die Parkett-Ausgänge ziemlich weit vorn in der Nähe der Bühne zu liegen pflegen, ist wohl der von der Anwendung dieser Stühle zu erwartende Vortheil ziemlich gering anzuschlagen.

In Amerika werden von der Auto Safety-Seating Co. in New-York Sitze ausgeführt, die nur eine Mittelstütze besitzen und bei denen nicht nur Sitz und Armlehne selbstthätig hochklappen, sondern auch gleichzeitig eine Drehung des ganzen Oberbaues um 90° stattfindet. Es entstehen also ebenfalls Gänge senkrecht zur Bühne. Gegenüber den Schleicher'schen Stühlen besitzen sie jedenfalls den Vorzug, noch erheblich weniger Raum in hochgeklapptem Zustande fortzunehmen.

f. Besondere Lösch-Einrichtungen.

Eine ausgiebige Wasserversorgung mit einem Druck des Wassers von 3—4 Atmosphären, sowie mit möglichster Reinheit und Temperatur-Beständigkeit desselben bildet das Wesentlichste der Erfordernisse hierher gehöriger Art. Wo diese Versorgung ohne Einschaltung von Hausreservoiren zu beschaffen ist, wird die Anlage am einfachsten und vollkommensten sein, weil inbezug auf Unterstützung und Höhenlage der Reservoire, Sicherheit gegen Frost usw. Schwierigkeiten bestehen. (Bezügl. der Aufstellung vergl. beispielsw. Fig. 1004 a u. b.) Um die höchsten Theile eines Theaters mit einer an die Reservoire angeschlossenen Wasserleitung beherrschen zu können, müssen letztere entweder in für sich aufgeführten, entsprechend hohen Thurmbauten, wie z. B. am Hoftheater in Schwerin, aufgestellt oder als geschlossene Behälter hergestellt werden, deren Wasserinhalt unter Druck steht. Hierzu ist eine geeignete Maschinenanlage erforderlich.

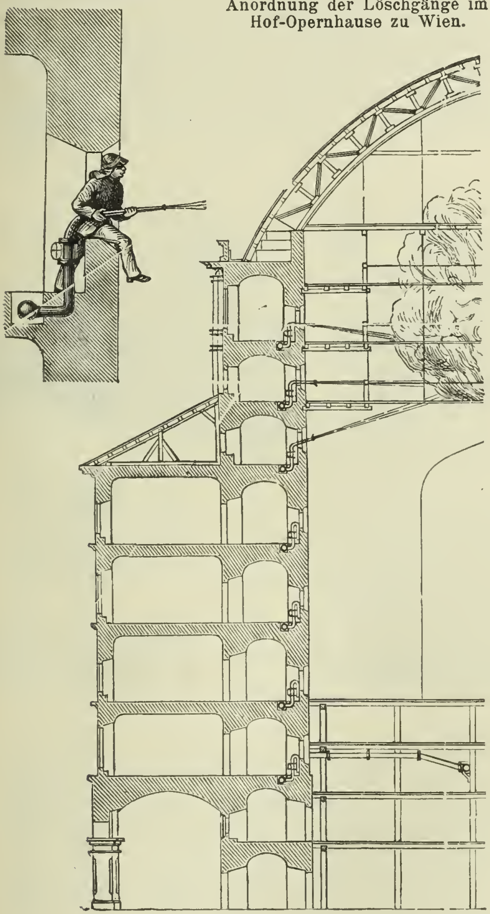
Ein bedeutendes Beispiel dieser Art bildet die Anlage im Frankfurter Opernhause, wo durch eine Gaskraftmaschine von 100 Pferdekräften 5000 l Wasser in einer Min. auf die Höhe von 65 m gehoben werden könnten. Da aber die geschlossenen Sammelbehälter in viel geringerer Höhe aufgestellt worden sind, so wird das Mehr, welches die Maschinen an Hubfähigkeit besitzen, auf Zusammenpressen des Wassers verwendet und es befindet sich dieses in den Behältern unter einem Druck von etwa 2 Atm. Der Betrieb von Pumpen für den vorliegenden Zweck durch Gaskraftmaschinen empfiehlt sich um deswillen besonders, weil die Ingangsetzung dieser Maschinen in der kurzen Frist von nur zwei bis vier Minuten bewirkt

werden kann. — Wo die Sammelbehälter durch natürlichen Zufluss gefüllt werden, kann Druck in denselben durch einfache Kompressions-Maschinen erzeugt werden; ein bedeutendes Beispiel dieser Art bietet die grosse Oper in Paris.

Die Prüfung der Rohre muss alljährlich mindestens einmal erfolgen. Das Probiren mit Wasser auf der Bühne selbst ist nur durchführbar, wenn immer nur einzelne Rohrstränge geprüft und unter denselben genügende Vorkehrungen für das Auffangen des Wassers angebracht sind. In Darmstadt werden die Rohre mittels Dampf geprüft.*) Durch Verfügung des Polizei-Präsidenten vom 30. Oktober 1899 haben in Berlin alle Theater Regenvorrichtungen erhalten, z. B. das Apollo-Theater in unmittelbarem Anschluss an die Strassenwasserleitung durch 110 m lange Zuleitung. — Zum Löschen kleiner Brände bedient man sich nasser wollener Tücher.

Lösch-Scharte.

Fig. 1019 a u. b. Anordnung der Löschgänge im Hof-Opernhause zu Wien.



Der Fassungsraum der Behälter wird wegen der Schwierigkeit der Aufstellung fast immer unter der erwünschten Grösse bleiben. Das Münchener Hoftheater hat 8 Sammelbehälter mit zusammen 66 cbm Inhalt, die Grosse Oper in Paris 13 mit zus. 105 cbm Inhalt, das Pester Opernhaus besitzt 12 mit zus. 220 cbm Inhalt, das Opernhaus in Wien 3 mit zus. 226 cbm Inhalt, endlich hat das Frankfurter Opernhaus (sammt den abgetrennten Dekorations-Magazinen) deren 14 mit zus. 380 cbm Inhalt.

Das zugeleitete Wasser findet seine Verwendung mittels H y d r a n t e n bezw. mit der sogen. R e g e n r o h r - E i n r i c h t u n g.

Für die Aufstellung der im ganzen Gebäude passend zu vertheilenden Hydranten gilt als Regel, dass sie an möglichst gedeckten Stellen, welche auch dem Löschmann die Rückzugslinie offen halten, anzuordnen sind. Selten werden für diesen Zweck besondere bauliche Ausführungen von Bedeutung gemacht werden.

Die am Wiener Opernhaus ausgeführte Anlage von sieben über einander liegenden feuersicheren sogen. L ö s c h g ä n g e n, welche die Bühne umschliessen und mit schartenartigen Oeffnungen nach der Bühne versehen sind (vergl. Fig. 1019 a u. b), wird von verschiedenen Seiten als nicht nachahmenswerth erachtet. Die preussische Theater-Verordnung sieht von einer derartigen Einrichtung ab, verbietet dieselbe sogar, so weit diese Löschgänge in den oberen Geschossen zugleich den Zugang zu den Garderoben und sonstigen Räumen für das Theaterpersonal bilden.

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1889, S. 480.

Eine eigenthümliche Anordnung, um dem Wasser in den Behältern ohne maschinellen Druck einen höheren Druck als ihn die Wasserleitung in so grosser Höhe liefert, zu verschaffen, ist nach der Erfindung des Zivilingenieurs Stumpf im Marine-Theater zu St. Petersburg ausgeführt. Nach dem Prinzip des Herons-Brunnen drückt die Wasserleitung auf das Wasser von im Kellergeschoss untergebrachten Reservoiren, und es wird dieser Druck durch Pressluft auf die oben im Dach stehenden Reservoire übertragen. In wie weit die immerhin umständliche Einrichtung sich dauernd bewährt hat, darüber ist bisher nichts bekannt geworden.*)

Für die sogen. Regenrohr-Einrichtung liegt als erstes bekanntes Beispiel das Hoftheater in München vor (wo die Einrichtung 1875 von Stehle ausgeführt ist); spätere Anlagen sind dieser nachgebildet. Nach Fig. 1020a geben zwei Gruppen von Sammelbehältern (*A* und *B*) ihren Inhalt an zwei längs der seitlichen Wände der Bühne über dem untersten Lattenboden gestreckte Rohre ab, zwischen welchen acht kupferne (8 cm weite) Verbindungsrohre angeordnet sind. Je zwei dieser Zwischenstränge bilden eine Gruppe, die durch ein an beiden Enden angebrachtes gemeinsames Ventil, Fig. 1020b versorgt wird. Die Zwischen-

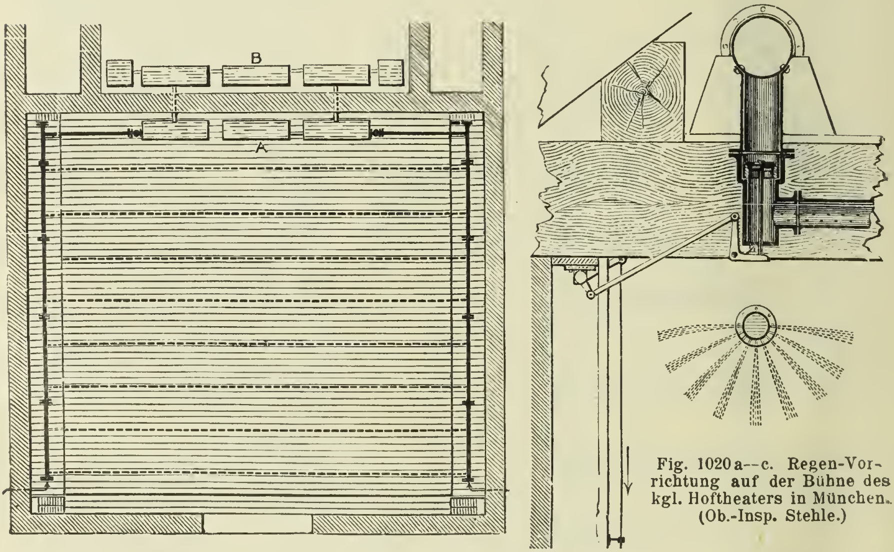


Fig. 1020a—c. Regen-Vorrichtung auf der Bühne des kgl. Hoftheaters in München. (Ob.-Insp. Stehle.)

stränge, die eigentlichen Regenrohre, haben auf der unterseitigen Hälfte des Umfanges 3 mm weite Löcher in solcher Anzahl, dass auf 1 m Rohrlänge etwa 100 Löcher kommen, Fig. 1020c. Die Zusammenfassung der Regenrohre in Gruppen verfolgt den Zweck, im Hinblick auf sparsame Wasserausnutzung (u. Umst. auch zur Schonung der Dekorationen), das Spiel der Rohre auf den unmittelbar vom Feuer ergriffenen Theil der Bühne beschränken zu können.

Es liegt auf der Hand, dass das einfache Stehle'sche System beträchtlicher Erweiterungen fähig ist. Es kommen denn auch Ausführungen vor, bei denen mehrere — drei — wagrechte Rohrgruppen über einander angeordnet sind, um jede Höhenzone der Bühne beherrschen zu können; noch andere, bei denen neben wagrechten auch senkrechte Rohrgruppen angeordnet sind (Rouen); endlich auch solche, bei denen eine Umrahmung der Bühnenöffnung zum Zweck der Bildung eines sogen. Wasserschleiers ausgeführt ward (Pest). Ohne Schwierigkeit könnte man Regenrohre auch zur Befeuchtung des eisernen Vorhangs benutzen, um diesen zu kühlen.

*) Näheres in Dtsche. Bauztg. 1885, No, 33.

Schwache Punkte der Regenrohr-Einrichtung bilden: a) dass oft eine unwirthschaftliche Verwendungsweise des Wassers nicht vermeidbar ist und b) die Schwierigkeiten, mit welchen die Prüfung der Einrichtung auf beständige Gangbarkeit verknüpft ist. Ebenso spielt auch die Gefahr des Einfrierens der Leitungen eine Rolle.

Damit die Löcher in den Regenrohren nicht sehr bald durch Rost verstopft werden, müssen die Rohre aus Kupfer hergestellt sein.

IV. Sicherungen öffentlicher Gebäude.

Die Vorkehrungen zur Sicherung öffentlicher Gebäude werden sich nicht nur nach den örtlichen feuer- und baupolizeilichen Bestimmungen, sondern auch nach den besonderen Zwecken des Gebäudes und den von der bauenden Behörde für die verschiedenen Arten der Gebäude gegebenen Einzelvorschriften zu richten haben. Seitens des Ministeriums der öffentlichen Arbeiten in Preussen war im Jahre 1884 eine bezügliche Anweisung für die in den Bereich der Allgemeinen Bauverwaltung fallenden Bauten erlassen.

Die Bestimmungen dieser Verordnung erwiesen sich jedoch nach den im Laufe der Jahre gemachten Erfahrungen einer Aenderung bedürftig. Namentlich hatte es sich herausgestellt, dass die Vorschriften über die Anordnung gewölbter Decken in Kirchenbauten mit einer erheblichen Vertheuerung derselben verbunden waren, und ihre Durchführung bei den meistentheils geringen Mitteln der Kirchengemeinden zu erheblichen Härten führte. Ebenso standen die Vorschriften über Ausgänge, Treppen, Thürenbreiten in Schulen, Kirchen usw. nicht in richtigem Verhältniss zu denen, welche 1889 für Theater und Versammlungssäle erlassen sind. Demgemäss wurden am 1. Novemher 1892 neue „Bestimmungen über die Bauart der von der Staatsbauverwaltung auszuführenden Gebäude, unter besonderer Berücksichtigung der Verkehrssicherheit“,*) erlassen. Letzterer Ausdruck weist darauf hin, dass nunmehr nicht nur die Sicherheit gegen Feuersgefahr, sondern auch die Sicherheit gegen sonstige Unfälle berücksichtigt ist.

Der Geltungsbereich der neuen Verordnung bezieht sich auf alle Bauten der preussischen Staatsverwaltung, gleichviel ob die Kosten ganz oder theilweise aus Staatsmitteln gedeckt werden, desgleichen auf Bauten von Stiftungen, welche vom Staat verwaltet werden, schliesslich auf Kirchen-, Pfarr- und Schulbauten, aber nur in so weit, als die Umstände des einzelnen Falles, insbesondere die Leistungsfähigkeit der betheiligten Gemeinden, die Durchführung gestatten.

Abgesehen von besonderen Gebäudearten, welche nachher behandelt werden, sind die Gebäude in drei Klassen getheilt, bei deren Abgrenzung hauptsächlich die Höhe der Bausumme maassgebend ist.

Für die Gebäudeklasse A, mit einem oder zwei Geschossen und einer Bausumme bis 50000 Mark, sind die Aussenwände, die belasteten Innenwände und Treppenhauswände in der Regel massiv herzustellen, während unbelastete Scheidewände in Fachwerk oder als geputzte Brettwände errichtet werden dürfen. Gewölbte Decken, thunlichst unter Vermeidung eiserner Träger, sind nur für Kellerräume vorgeschrieben. Die Dachstühle sind aus Holz herzustellen, für die Dacheindeckung ist ein feuersicherer und wetterbeständiger Baustoff zu wählen. Für überhängende Dächer ist eine Entfernung der Gebäude untereinander oder von Nachbargrenzen nicht unter 10 ^{m} Bedingung. Die Treppenläufe und Podeste können aus Holz mit unterem Verputz hergestellt werden. Doch ist die massive Treppenumschliessung bis ins Dachgeschoss fortzusetzen, und der Treppenraum oberhalb feuersicher abzuschliessen.

Für die Gebäudeklasse B, umfassend Gebäude mit einer Bausumme von 50 000 bis 300 000 Mark, sind sämmtliche Wände massiv herzustellen, und sollen nur ausnahmsweise untergeordnete innere Scheidewände aus Drahtputz, Eisenfachwerk oder in sonstigen feuersicheren Anordnungen zugelassen werden. Ausser

*) Vergl. den Abdruck im Deutschen Baukalender (im Jahrg. 1902, Th. I, S. 7 u. ff.).

den Kellerräumen sind sämmtliche Flure und Treppenhäuser unter thunlichster Einschränkung eiserner Träger zu überwölben. Die Haupttreppen sind massiv, aus Haustein oder gewölbt auszuführen, während für die Nebentreppen Holz oder Eisenausführung zulässig ist. Im Dachgeschoss ist, soweit der Ausbau desselben zu Wohn- usw. Räumen dies nicht verhindert, der Fussboden als Gipsestrich oder sonst unverbrennlich herzustellen.

Für die Gebäudeklasse C, umfassend Gebäude mit zwei Geschossen oder mehr über dem Keller, mit einer Bausumme von über 300 000 Mark, sollen in der Regel neben den Fluren- und Treppenhäusern auch alle übrigen Räume überwölbt bezw. in Stein oder Eisen anderweitig feuersicher überdeckt werden. Ueberhängende Dächer sind in der Regel ausgeschlossen, und sollen alle durchgehenden Treppen, mit Ausnahme von Verbindungstreppen zwischen einzelnen Räumen, massiv von Haustein oder gemauert, ohne Verwendung eiserner Träger, hergestellt werden.

Der folgende Abschnitt III, welcher besondere Bestimmungen für einzelne Gebäudearten ohne Rücksicht auf die Baukosten enthält, empfiehlt für die Kirchen eine dauerhafte Bauart, unter Wahrung der durch die Beschränktheit der Mittel etwa bedingten Einfachheit, und macht die Herstellung einer Gewölbedecke von der Voraussetzung abhängig, dass alle Baupflichtigen und — soweit Staatsmittel inanspruch genommen werden — die zuständigen Staatsbehörden hiermit einverstanden sind. Hiernach ist der Grundsatz, dass die Zahl der Besucher der Kirche allein für die Wölbung maassgebend ist, vollständig fallen gelassen.

Für Pfarr- und Schulhäuser auf dem Lande und in kleineren Städten sind bei Unzulänglichkeit der erforderlichen Baumittel gegen die vorher genannten Vorschriften der Gebäudeklasse A noch Erleichterungen vorgesehen, welche sich auf die Herstellung auch der Aussenwände in ausgemauertem Fachwerk und der Kellerdecke in Holz erstrecken.

Museen, Bibliothek- und Archivgebäude sollen in allen Geschossen gewölbte oder sonstige feuerfeste Decken erhalten. Dienstwohnungen dürfen in diesen Gebäuden nur angeordnet werden, wenn sie von den Sammlungsräumen und deren Zugängen durch Brandmauern und feuerfeste Decken vollständig geschieden sind und einen getrennten Zugang erhalten. Die gleichen Vorsichtsmaassregeln sind bei der Anlage der Heiz- und Kohlenräume der Zentralheizung zu befolgen. Oefen mit lokalem Betriebe sollen nur ausnahmsweise Verwendung finden. An Strassen von weniger als 20 m Breite gelegene Fenster sind mit feuersicheren inneren Läden zu versehen. Ebenso sollen Dachoberlichte erforderlichenfalls zum Schutz gegen Flugfeuer mit leicht beweglichen feuersicheren Schutzvorkehrungen versehen werden. (Um die Anbringung derartiger Schutzvorkehrungen, welche mit mancherlei Schwierigkeiten und Unzuträglichkeiten verbunden sein würden, zu vermeiden, möchte hier die Verwendung von Drahtglas für die äusseren Dachoberlichte angeregt werden.)

Die Universitätsinstitute, Kliniken, Gymnasial- und Seminarbauten sind im allgemeinen wie die Gebäude der Klasse B zu behandeln. Aus Zweckmässigkeitsrücksichten sollen ausserdem die Badezimmer, Aborträume, Thee- und Anrichträume mit gewölbten Decken und Unterwölbungen versehen werden. Ebenso ist eine Unterwölbung für Räume mit undurchlässigen Fussböden, wie Operationsräume und Sezirräume vorzusehen. Eine leichtere Bauweise, Eisen- oder Holzfachwerk mit Ausmauerung oder Gipsdielen-Bekleidung, Papp- oder Holzzementdach, mit überstehenden Dächern soll für barackenartige Bauten, die zu Universitätszwecken errichtet werden, zulässig sein.

In Gefängnissen und Strafanstalten sind sämmtliche Wände massiv herzustellen, und zwar die der eigentlichen Gefangenenräume, mit Ausnahme der Schlafzellen-Scheidewände, mindestens $1^1/_2$ Stein stark. Die Ueberwölbung oder feuerfeste Herstellung der Decke soll sich, abgesehen von Fluren und Treppenhäusern, auf alle Räume, die zur Vollstreckung der Strafe dienen, auf die Küchen, Aufnahmezellen, Strafzellen, Baderäume usw. erstrecken. Abgesehen von den Treppen in den panoptischen Hallen, welche aus Eisen herzustellen sind, ist für die Treppen die massive Ausführung die Regel.

Für Gebäude, welche zu Gestüts-, land- oder forstwirthschaftlichen Zwecken dienen, sind, soweit es die Verhältnisse angezeigt erscheinen lassen, weniger feuersichere Ausführungen, wie Herstellung der Wände in Fachwerk oder Holz, der Kellerdecken als Balkendecken, der Treppen aus Holz ohne Unterputz, der Speicherböden mit Holzfussboden, zulässig. Selbst weiche Dachdeckung ist in Ausnahmefällen nicht ausgeschlossen. Die gleichen Erleichterungen finden auch auf sonstige Gebäude minderer Bedeutung, wie Schuppen, Stallungen, kleinere Wohnhäuser usw. Anwendung.

Der Abschnitt IV behandelt Bestimmungen über konstruktive Einzelheiten, wie die Umschliessung von Kassen-Depositorienräumen bezw. von Räumen zur Aufbewahrung von Grundbüchern, Kataster-Standesamts-Registern, desgleichen die Umschliessung von Oberlichtschachten, die Ausbildung feuersicherer Thüren, die Anlage von Gasleitungen und elektrischen Leitungen.

Die Anlage von Schornstein-Reinigungsöffnungen in den Dachräumen, unterhalb von steilen Dächern, wird, entgegen den Vorschriften der älteren Verordnung, unter gewissen Vorsichtsmaassregeln wieder gestattet, um die Herstellung ausgedehnter Laufgänge auf den Dächern zu vermeiden.

Der Abschnitt Wasserversorgung und Feuerlöscheinrichtung behandelt in ausführlicher Weise diejenigen Vorkehrungen, welche beim Anschluss an eine städtische Wasserleitung oder bei Einrichtung von Hauswasserleitungen zu treffen sind. Besonderer Werth wird auf die Anlage von Hydranten in ausreichender Anzahl auf den die Gebäude begrenzenden Vorplätzen gelegt, während die Herstellung von Feuerhähnen in Gebäuden mit eigener Wasserleitung mit Rücksicht auf den meist nur zur Verfügung stehenden geringen Druck nicht empfohlen wird. Für Gebäude, deren Bausumme über 300 000 Mark beträgt, sollen in der Regel telegraphische oder telephonische Verbindungen mit der nächsten Feuerwache angelegt werden. Dieselbe Einrichtung ist bei Gebäuden mit werthvollem Inhalt (wie Bibliotheken, Museen und Archiven) zu treffen.

In Abschnitt V sind Bestimmungen für die Ausgänge, Flure und Treppen von Gebäuden gegeben, in welchen sich eine grössere Anzahl von Menschen aufzuhalten pflegt, und die nicht unter die Vorschriften der Verordnung für Theater und Versammlungssäle fallen. Es kommen hierbei hauptsächlich die Kirchen, Schulen, Auditorien und dergleichen inbetracht. Bei der Bemessung der Ausgangsbreiten sollen Nebenausgänge und Nebentreppen, welche von den Besuchern der Gebäude nicht leicht aufzufinden sind, ausserbetracht bleiben. Als Mindestmaasse sind festgesetzt:

1. 70 cm Breite für je 100 Personen bis zu einer Gesammtzahl von 500,
2. weitere 50 cm für je 100 Personen mehr, in der Grenze von 500—1000,
3. weitere 30 cm für je 100 Personen, sobald die Besucherzahl 1000 überschreitet.

Für 1200 Personen würde hiernach eine Ausgangs- und Treppenbreite von $5 \cdot 0{,}70 + 5 \cdot 0{,}50 + 2 \cdot 0{,}30 = 6{,}60$ m sich ergeben. Bei Wendeltreppen sind die Maasse um 30 % zu erhöhen. Als Mindestbreite der Flure ist 2,50 m, der Treppen 1,30 m festgesetzt. Nur Kirchen-Emporentreppen können bis auf 0,90 m Breite eingeschränkt werden. Als untere Grenze des Steigungsverhältnisses ist 18/27 cm vorgeschrieben. Für Treppen in Schulen soll die Steigung 17 cm nicht überschreiten, dieselbe kann für Kirchen-Emporen jedoch bis 19 cm zugelassen werden. Die Anzahl der Ausgänge und Treppen soll in der Regel bei mehr als 300 Personen zwei, bei mehr als 800 Personen drei betragen und es sind dieselben thunlichst nach verschiedenen Richtungen anzuordnen. Alle inneren und äusseren Thüren, welche für die schnelle und sichere Entleerung inbetracht kommen, müssen nach aussen aufschlagen.

Die folgenden Abschnitte behandeln die Sicherungen gegen Blitzgefahr und Betriebsvorschriften. Letztere beziehen sich auf die alljährliche Prüfung und Erprobung der Löschvorrichtungen, die regelmässige Prüfung der Blitzableitungen und die Aushängung von Grundriss- und Lageplänen in den Eingangsfluren grösserer Gebäude, welche der Feuerwehr eine schnelle Uebersicht über die Anordnung und Eintheilung der Gebäude ermöglichen sollen.

V. Feuerfeste und feuersichere Wände, Thüren und Stützen.

Litteratur für Abschnitt V u. VI.*) Bericht über die 1893 in Berlin vorgenommenen Brandproben von Stude und Reichel. Verlag v. Julius Springer. Besprechung dieser Proben, Dtsche. Bauztg. 1893, No. 36—40. Vergleichende Versuche über die Feuersicherheit von Speicherstützen. Kommissionsbericht, erstattet im Auftrage des Hamburger Senats. Verlag von Otto Meissner. Hamburg 1895. Mittheilung über diese Versuche, Dtsche. Bauztg. 1895, S. 274 u. 1897, S. 232.

Handbuch der Architektur, Th. III, Bd. 2, Heft 1. — Büsing & Schumann. Der Portland-Zement und seine Anwendungen im Bauwesen. Berlin 1899, 2. Aufl. Kommiss.-Verlag von E. Toeche. Das System Monier. Herausgegeben von G. A. Wayss. Berlin 1887.

Ueber Betoneisenkonstruktionen finden sich Veröffentlichungen in fast allen technischen Zeitschriften des letzten Jahrzehntes, namentlich seit der Pariser Weltausstellung 1900. Vergl. besonders „Le Génie civil" und Zeitschrift. des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins. Sonderabdruck aus letzterer: v. Emperger, der Betoneisenbau nach dem Stande der Pariser Weltausstellung 1900. Wien 1902. Verlag von Lehmann & Wentzel.

Vergl. ferner die Veröffentlichungen der technischen Versuchsanstalten in Berlin und Stuttgart (Bach'sche Versuche).

Grundlegende Werke für Betoneisenkonstruktionen: P. Cristophe. Le béton armé et ses applications. 2. Aufl. Paris 1902. Librairie Politechnique, Ch. Béranger, sowie namentlich auf theoretischem Gebiete die Arbeiten von Considère . Annales des ponts et chaussees 1900. 4. Quartal. S. 121.

In diesem und den nachfolgenden Abschnitten sind die für die einzelnen Gebäudetheile zu verwendenden feuersicheren Baustoffe und Baukonstruktionen näher behandelt. Zu betonen ist jedoch, dass durch feuersichere Konstruktionen und Stoffe niemals eine unbedingte Feuersicherheit erzielt werden kann, vielmehr nur erreicht wird, dass ein Feuer sich nicht schnell verbreiten kann und leichter in gewissen Grenzen gehalten wird. Die grösste Gefahr bildet immer der brennbare Inhalt des Hauses, der der Bestimmung und Benutzung des Hauses entsprechend verschieden ist. Für den Schutz der Menschenleben bildet der bei einem Feuer entstehende Rauch und Qualm die nächste und schlimmste Gefahr, und es ist daher die Schaffung möglichst mehrerer von einander getrennter Rettungswege, Treppen und Ausgänge der beste Schutz. Hinsichtlich des Schutzes des Eigenthums ist ausserdem der Grundsatz zu beachten, dass Mittel und Zweck im Einklang bleiben müssen.

Auch ist hervorzuheben, dass die Anwendbarkeit einer Konstruktion oder eines Baustoffes selbstverständlich nicht allein von der Widerstandsfähigkeit gegen Feuer abhängt, dass vielmehr noch viele andere Eigenschaften infrage kommen, z. B. der Widerstand gegen die Witterung und ihre Einflüsse, der Abnutzungs-Widerstand, die Befähigung, Lasten zu tragen, das Verhalten gegen andere Baustoffe und Nässe, die Bequemlichkeit der Ausführung, das gute Aussehen und zuletzt nicht zum mindesten auch die Kosten. Welche Vorzüge in jedem Falle ausschlaggebend sein werden, wird der ausführende Techniker genau zu erwägen und dementsprechend seine Maassnahmen zu treffen haben.

Für die Bevorzugung der einen oder anderen Bauweise wird auch mit ausschlaggebend sein, ob die Verarbeitung der Baustoffe so einfach ist, dass dieselbe von jedem sachverständigen Bauhandwerker gut und sicher ausgeführt werden kann, oder ob der Bauherr zur Heranziehung auswärtiger Geschäfte mit besonderen Hilfsmitteln und besonders geschulten Arbeitern gezwungen ist.

Dass die zusammengesetzten Erzeugnisse vielfach, namentlich wenn der freie Wettbewerb sich ihrer bemächtigt hat, sich kurze Zeit nach ihrer Einführung verschlechtern, ist gleichfalls ein Umstand, welcher nicht ausseracht zu lassen ist.

Ueber das in früheren Jahren von Stude und Reichel angewendete Verfahren bei Brandproben sei Einiges vorausgeschickt. Der grosse Vorzug dieser Brennproben, welche in einem zum Abbruche bestimmten alten Hause mit den verschiedensten eingebauten Konstruktionen vorgenommen wurden, vor früheren Brennversuchen beruht darin, dass die Verhältnisse denjenigen eines wirklichen Schadenfeuers möglichst ähnlich gemacht waren, und gleichzeitig die verwendeten Konstruktionen unter gleichen oder wenigstens angenähert gleichen Verhältnissen geprüft wurden. Andererseits boten diese Versuche Gelegenheit, zu beobachten, wie verschieden die Wirkung des Feuers besonders auf brennbare Stoffe, z. B. Holz,

---

*) Seitens des Verbandes dtsch. Arch.- u. Ing.-Vereine, des Vereins dtsch. Eisenhüttenleute und des Vereins dtsch. Ingenieure wird zurzeit ein Werk bearbeitet: Muster und Beispiele für Feuerschutz von Eisenkonstruktionen, das im Jahre 1903 erscheinen soll.

je nach der Lage derselben zum eigentlichen Feuerherd sein kann. Während in einem Raum eine grosse Gluth entwickelt und nachgewiesen war, wurden einzelne Holztheile in der Nähe des Fussbodens kaum angekohlt, wahrscheinlich weil der kalte, das Feuer nährende Luftstrom sie von dem eigentlichen Feuerherd trennte. Im übrigen waren auch die Wirkungen der eigentlichen Stichflammen auf Holz verschieden, je nachdem dieselben noch überschüssigen, zur Verbrennung erforderlichen Sauerstoff in höherem oder geringerem Grade enthielten. Derartige Umstände mögen auch Veranlassung sein, dass die Bewährung derselben Baukonstruktionen und Stoffe bei verschiedenen Schadenfeuern nicht eine ganz gleiche ist, und es ist dem auch zuzuschreiben, wenn die Ansichten über die Feuersicherheit eines und desselben Baustoffes vielfach auseinandergehen ganz abgesehen davon, dass die Feuersicherheit eines Stoffes immer nur eine bedingte ist.

Fast gleichzeitig mit den obigen Brandproben hat der Hamburger Senat im Hinblick auf die bedeutenden Schadenfeuer in den Hamburger Lagerspeichern eingehende Versuche, namentlich über das Verhalten von Hölzern, gusseisernen und schmiedeisernen Stützen im Feuer, in verhülltem und geschütztem Zustande machen lassen, welche wichtige Aufschlüsse ergaben. Diese Versuche sind neuerdings wieder aufgenommen worden.

In der letzten Zeit sind vielfache Brandproben durch die technische Versuchsanstalt Berlin-Charlottenburg unter Hinzuziehung von Beamten der Bauabth. und der Abth. für Feuerwehr des Polizei-Präsidiums vorgenommen worden. Eine nachahmenswerthe That hat das British Fire Prevention Committee durch Errichtung einer ständigen Prüfungsanstalt für angeblich feuerfeste Baustoffe vollzogen.

a. Massive Mauern, Brandmauern und feuersichere Thüren.

Der Massivbau mit natürlichen Steinen, gebrannten Steinen oder Stampfbeton verdrängt wegen seiner Feuersicherheit allmählich den Holzbau und den Fachwerkbau. Nur beim Bau frei stehender Landhäuser, Nebengebäude sowie bei vorübergehenden Bauten hat der Fachwerkbau, der eine malerische Behandlung und schnelle Aufführung der Gebäude begünstigt, in letzter Zeit vielleicht wieder an Gebiet gewonnen. (Vergl. die Ausf. auf S. 356).

Natürliche Steine weisen nicht immer genügende Feuerbeständigkeit auf, so hat sich z. B. der viel verwendete französische Kalkstein ganz ungeeignet gezeigt, dem Feuer Widerstand zu leisten. Die Hauptzerstörungs-Ursachen beruhen in der chemischen Veränderung und in der verschiedenartigen Ausdehnung des Steines. Chemische Veränderungen erleiden alle diejenigen Steine, welche Kohlensäure enthalten (Kalksteine, Dolomite). Durch ungleiche Ausdehnung werden die grobkörnigen Granite und Syenite zerstört.

Vielfach besser bewähren sich die Ziegelsteine. Nach früheren Mittheilungen des verstorbenen Kreisbmstrs. Hoffmann in der Baugewerkszeitung ist durch Erfahrung bei Bränden nachgewiesen, dass die rothen Ziegelsteine (welche geringen Kalkgehalt besitzen) erheblich feuerfester sind als die gelben Steine, welche infolge ihres Gehaltes an Kalk gelb brennen. Sehr zu beachten ist, dass zu feuersicheren massiven Stein-Decken nur poröse Steine aus feuerfestem Thon (u. a. Lausitzer, Sommerfelder, Bitterfelder, Wittenberger, Schmiedeberger usw.) verwendet werden, da die porösen Ziegelsteine aus leichtflüssigem (kalkhaltigem) Thon nicht so widerstandsfähig gegen Feuer sein können.

In neuester Zeit gewinnt die Herstellung bezw. Anwendung von künstlichen Kalksandsteinen an Umfang. Die Herstellungsweise dieser Steine ist verschieden, je nachdem das sogen. nasse oder das trockene Verfahren Anwendung findet. Die Kalksandsteine der Fabrik R. Guthmann, Niederlehme, werden nach eigenem Verfahren aus reinem Quarzsand und Kalkpulver gepresst und unter hohem Dampfdruck gehärtet. Aus dem Druckkessel kommend sind die Steine unmittelbar verwendbar. Eine Brandprobe (1901) der mech. techn. Vers.-Anstalt in Charlottenburg fiel befriedigend aus, wenn auch nach dem Löschen durch die Einwirkung des Wasserstrahles eine theilweise Zermürbung eintrat, eine Erscheinung, die übrigens auch bei anderen Steinarten aufzutreten pflegt. Ein gleiches Verhalten im Feuer wurde z. B. durch das Ergebniss einer im Jahre 1899 aus-

geführten Brandprobe von Mauerwerk aus Birkenwerder Klinkern und von Olschewsky'schen Kalksandsteinen festgestellt. Beim Abbrechen des Mauerwerks zeigte sich, dass der Mörtel an beiden Steinsorten gleich fest haftete, dass beim Herabwerfen die Birkenwerder Klinker dieselbe Neigung zeigten zu zerspringen wie die Kalksandsteine.

Das Berliner Poliz.-Präsidium hat den nachgenannten Firmen aufgrund der vorgelegten Prüfungszeugnisse der techn. Vers.-Anstalt inbezug auf Druckfestigkeit, Frost- und Feuerbeständigkeit eine Erlaubniss zur Verwendung der Kalksandsteine als Hintermauerungssteine für Bauausführungen zu Berlin, Charlottenburg, Rixdorf, Schöneberg ertheilt: Ingen. Olschewsky zu Coswig bis zu einer höchsten Druckbeanspruchung von 10 $^{kg}/_{qcm}$, Firma Paul Zöllner & Co. in Berlin bis zu einer Beanspruchung von 7 $^{kg}/_{qcm}$, Gewerkschaft Badenhard in Thale a. H., Berliner Kalksandsteinwerken (R. Guthmann), zulässig zur Ausführung jeglichen Mauerwerks bis zu einer höchsten Druckbeanspruchung von 14 $^{kg}/_{qcm}$. Zu erwähnen sind auch die Hydrosandsteinwerke zu Stralau bei Berlin und die Fabrik zu Neuhammer am Queiss. Dieser aufblühende neue Industriezweig tritt anscheinend in scharfen Wettbewerb mit den Ziegeleien. Das Material, dessen Güte wesentlich von der Art und Sorgfalt der Herstellung abhängig ist, wird zunächst noch einer ernsteren Prüfung in der Praxis zu unterziehen sein; erst eine längere Verwendungszeit wird lehren, ob sich das Material nach allen Richtungen vollkommen bewährt.

Die Widerstandsfähigkeit von Betonmauern gegen Feuer ist wesentlich mit von der Güte der Herstellung, dem Mischungsverhältniss, sowie auch von der Jahreszeit, in welcher sie gefertigt sind, abhängig.*) Fetter Zementmörtel und Beton ist weniger widerstandsfähig, wie solcher mit angemessenem Sandzusatz. Die Ausführung und Bewährung zahlreicher Fabrikschornsteine in Beton, die Temperaturen von 400° C. und mehr auszuhalten haben, sowie der Befund bei Versuchsbränden und wirklichen Brandfällen spricht aber für die Widerstandsfähigkeit eines in richtiger und sorgfältiger Weise hergestellten Betons gegen den Einfluss selbst sehr hoher Temperaturen. Er wird daher auch als Feuerschutzmittel in den verschiedensten Formen verwendet.

Die zweckmässige Ausführung massiver Mauern ist in Hauptabschnitt I (Maurerarbeiten) ausführlich behandelt. Es erübrigt hier nur noch die besondere Herstellung der Brandmauern zu besprechen.

Brandmauern sollen die Uebertragung eines Feuers nach dem Nachbarhaus und innerhalb der einzelnen Abschnitte des Hauses verhindern.

Die ältere Herstellung von Giebelmauern, nach welcher der Wandbinder ausgemauert und vor demselben nach aussen noch eine ½ Stein starke Mauer im Verbande vorgeblendet wurde, empfiehlt sich nicht, da nach einem Dachstuhlbrande die erforderlichen Erneuerungsarbeiten sich in den meisten Fällen auf die Giebelmauer, die durch das eingebettete Holz in Mitleidenschaft gezogen wird, mit erstrecken muss. Die Giebelmauern sind vielmehr, ebenso wie Brandmauern im Inneren des Hauses, mindestens 1 Stein stark, bei grösserer Höhe mit entsprechenden Verstärkungen herzustellen, über Dach zu führen und mit dem Holzwerk der Dachstühle nur durch eiserne Anker zu verbinden. Es müssen somit zu beiden Seiten einer inneren Brandmauer besondere Dachbinder hergestellt werden. Als Versteifungen der Brandmauern, welche zweckmässig als Fortsetzung der massiven Treppenhäuser angelegt werden, können auch die Schornsteinkasten benutzt werden, welche seitlich an die 25 ^{cm} starke Brandmauer so anschliessen, dass die letztere, in voller Stärke durchgehend, die eine Schornsteinwange bildet. Diese Schornsteinkasten neben der Brandmauer hindern allerdings die Aufstellung des Binders dicht neben der Mauer und erschweren somit den Dachverband.

Einzeln stehende hohe Schornsteinkasten für wenige Rohre im Dachgeschoss sind möglichst zu vermeiden, da bei einem Dachstuhlbrande die allseitig vom

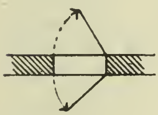
*) Vergl. Büsing u. Schumann „Der Portland-Zement usw." 2. Aufl., S. 25 u. S. 108—111.

Feuer umspülten Wandungen des Schornsteins ihre Festigkeit besonders in der Mörtelfuge verlieren und die niederbrechenden Schornsteine leicht den Löschmannschaften gefährlich werden.

Feuersichere Thüren sind im Dachgeschoss in allen Thüröffnungen von Brandmauern, die selbstverständlich auf das Nothwendigste zu beschränken sind, anzubringen. Im Anfang des verflossenen Jahrzehntes wurden infolge übergrosser Würdigung der Unverbrennlichkeit des Eisens die feuersicheren Thüren meist aus Eisenblech mit Bandeisen- oder L-Eisen-Umrahmung gefertigt und man liess dieselben wohl auch, behufs Herstellung eines dichten Anschlages, in L-Eisen-Falze schlagen. Derartig hergestellte Thüren sind, wie die Erfahrung gelehrt hat, nicht geeignet, einem stärkeren Feuer Widerstand zu leisten. Das Eisen wird glühend und wirft sich, so dass die Stichflamme durch die entstandene Lücke hindurchleckt. Bereits bei geringerer Erwärmung dehnt sich die Thür, klemmt sich in dem Anschlagfalz fest und versperrt alsdann der Feuerwehr den Weg.

Selbst die an sich wenig zweckmässige Eisenthür wird allerdings eine erheblich grössere Sicherheit gegen den Abschluss des Feuers bieten, wenn zwei Thüren zu beiden Seiten der Brandmauer angelegt werden, welche zwischen sich, wie in Fig. 1021 dargestellt, einen Luftraum von der Dicke der Mauer einschliessen. Die Einrichtung von derartigen Doppelthüren wird sich auch bei zweckmässigerer Konstruktion der Thüren in Lagerhäusern, in welchen grosse Mengen brennbarer Stoffe lagern, empfehlen.

Fig. 1021.



Als eine bessere feuersichere Thür ist eine glatte Bretthür, welche beiderseitig und an dem Rande mit Eisenblech beschlagen ist, anzusehen. (Von der Bekleidung des Randes wird in Berlin Abstand genommen.) Es wird angenommen, dass das Holz zwar hinter der Blechbekleidung an der Feuerseite kohlt, aber mangels Luftzuführung nicht brennt. Eine derartige von Hofschlossermeister Violet hergestellte Thür hat allerdings bei den Stude'schen Brandproben sich nicht ganz so günstig bewährt, wie erhofft worden war. Schliesslich wurde das Holz im Inneren zur trockenen Destillation gebracht, und die aus den Fugen des Eisenbeschlages entströmenden Gase geriethen in Brand und entflammten. Immerhin blieb die Thür noch nach dem Ablöschen gangbar.

Versuche mit Feuerschutzthüren durch das British Fire Prevention Committee ergaben für hölzerne Thüren mit Weissblech keine Vorzüge gegenüber eisernen Thüren.

Einfache alte hölzerne Stubenthüren, welche an der Feuerseite nachträglich mit Blech beschlagen waren, haben sich bei den Brandproben verhältnissmässig gut bewährt. Ebenso haben Versuche mit feuersicheren Thüren aus Eisengerippe mit Monierumhüllung, desgl. aus Eisengerippe mit Asbestzement-Umhüllung (von Ing. Kühlewein ausgestellt), sowie mit Thüren mit Korksteinen der Fabrik Grünzweig & Hartmann günstige, für die Praxis genügende Ergebnisse geliefert. Es fragt sich nur, ob derartige Thüren, auch solche aus Rabitzputzmasse mit Eisenrahmen, den Anforderungen, welche der Architekt bei der besseren Ausbildung von Räumen stellen muss, entsprechen. Ihre Verwendung wird sich somit auf untergeordnete Räume und Dachböden beschränken.

Magnesitplatten als Bekleidung von Holzthüren haben sich bei einer Plattenstärke von 20 mm bei den genannten Brandproben nicht als genügend widerstandsfähig erwiesen.

Recht brauchbar sollen aus Hartholzbrettern hergestellte in doppelter Lage beiderseitig mit Asbestpappe und Eisenblech beschlagene Thüren sein. Eisenblechthüren, deren Hohlraum mit Feuertrotzmasse ausgefüllt ist, haben sich nicht bewährt.

Von sachverständiger Seite wird auch die zugleich als diebessicher verwendete Ausbildung einer Holzthür mit Eisen- oder Stahlplatteneinlagen als sehr feuersicher bezeichnet, da die äussere Holzumkleidung die innere Eiseneinlage längere Zeit gegen Erglühen schützt. Leider ist eine derartige Thüranordnung bei den Stude'schen Brandversuchen nicht erprobt worden. Handelt es sich nicht darum,

eine Feuersbrunst dauernd abzuhalten, sondern ihre Weiterverbreitung nur für längere Zeit zu verhindern, so genügen auch hölzerne Thüren, besonders starke Bohlenthüren.

Feuersichere Thüren müssen auch unverbrennliche, dicht schliessende Thürfutter und massive Schwellen erhalten. Wenn die Kosten nicht zu hohe sind, wird eine Haustein-Umrahmung jedenfalls das Beste sein; sonst kann man die Anschläge mit Zementmörtel putzen.

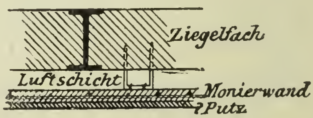
Ist bei feuersicheren Thüren nicht die Anbringung eines Schlosses aus besonderen Gründen nothwendig, so ist es besser das Schloss gänzlich fortzulassen und nur den Drücker anzubringen, damit der Feuerwehr imfalle eines Brandes der Zugang gewahrt sei. Dagegen sind Zuwerfvorrichtungen vorzusehen. Die Benutzung von Federn für letztere ist wenig rathsam, da dieselben sehr bald lahm werden, besonders wenn sie, wie dies in Fabriken vielfach geschieht, über Tage abgestellt werden. Besser ist schräge Aufhängung, so dass die Thür durch das eigene Gewicht zufällt.

In Geschäftshäusern und Fabriken wird es oft vorkommen, dass grössere Maueröffnungen bei Tage während des Geschäfts- bezw. Fabrikbetriebes offen gehalten und nur Nachts, oder im Falle der Noth feuersicher verschlossen werden sollen. In solchen Fällen ist etwas Besseres als die Anlage von Wellblech-Jalousien noch nicht ausgeführt worden. Im Neubau der Equitable-Versicherungs-Gesellschaft zu Berlin werden derartige Wellblech-Jalousien in den Schaufensteröffnungen zwischen den Durchfahrten im Vorderhause und den angrenzenden Läden, welche eine im Erdgeschoss ausbrechende Feuersbrunst von den Durchfahrten abhalten sollen, durch Wasserdruck bewegt. Es ist der Betrieb so eingerichtet, dass bei Oeffnen eines auf der Strasse ausserhalb des Gebäudes angelegten Hahnes sämmtliche zusammen gehörigen Jalousien sich selbstthätig schliessen. Damit diese Einrichtung jederzeit sicher arbeitet, ist ein anderer Antrieb der Jalousien nicht angelegt worden, so dass der Bewegungsmechanismus täglich geprobt wird. Die Bewegung geschieht durch Kolben, welche in den Kellerräumen unterhalb der Durchfahrten aufgestellt sind. Das Druckwasser liefern die Behälter, welche zugleich die Druckwasser-, Personen- und Lastenaufzüge des ausgedehnten Geschäftsgebäudes versorgen.*)

b. Eisenfachwerkwände; Wellblechwände.

Die Feuersicherheit von Eisenfachwerkbauten wird um so grösser sein, je mehr Schutz gegen Erglühen bei einem Brande durch die Anordnung der Ausfüllung des Eisengerüstes gewährt wird. Bei Bahnhofshallen, schuppenartigen Bauten in Eisenwerkstätten und Hütten, wo die Möglichkeit eines grösseren Brandes ausgeschlossen ist, wird das Bedürfniss für einen derartigen Schutz nicht vorliegen und es genügt daher hier eine unverputzte Wellblechbekleidung.

Fig. 1022.



Die Ausfüllung der Eisenfache durch Mauerwerk schützt jedenfalls die Stege der I-Träger gegen den unmittelbaren Angriff der Stichflamme; es liegen dann nur noch die Flanschen frei. Einem kleineren Schadenfeuer wird eine derartig einfach ausgemauerte Eisenfachwand jedenfalls genügend Widerstand leisten. Dagegen hat der grosse Speicherbrand des Staatsspeichers am Sandthor-Kai zu Hamburg gelehrt, dass bei einem heftigeren und länger andauernden Brande zunächst die Ziegelausmauerung der Fache gelockert und zerstört wird, und alsdann das frei liegende Eisengerippe dem Feuer gleichfalls nicht mehr widerstehen kann. Um eine grössere Feuersicherheit zu erreichen, wird es daher erforderlich, den Putzüberzug der Eisenfachwand mit einem Luftisolirraum zwischen der Fachwerkswand und als Drahtputz oder Rohrgewebeputz herzustellen. Dieser Luftraum wird auch für die Isolirung des Innenraumes gegen die äusseren Witterungseinflüsse gute Dienste leisten. Fig. 1022 stellt eine derartige Ausführung der

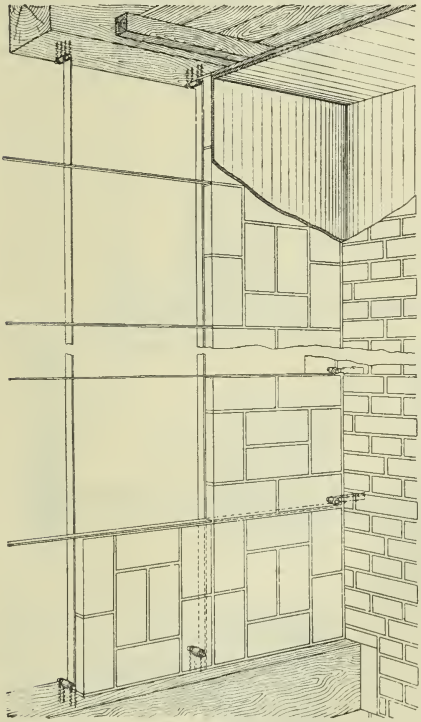
*) Die Anlage ist von der Maschinenfabrik Hoppe in Berlin entworfen und ausgeführt.

Aussenwände des Kinderhospitals für ansteckende Krankheiten auf dem Grundstücke der königl. Charité zu Berlin dar.

In neuerer Zeit sind auch Eisenfachwerke mit Verwendung von Monierdrahtputz und Gipsdielen für die Ausfachung ausgeführt, worüber das Nöthige weiterhin vermerkt ist.

Gewissermaassen zu den Eisenfachwerk-Konstruktionen ist die der Firma Prüss & Koch zu Berlin patentirte, freitragende Wand zu rechnen, da sie aus einer Ausmauerung zwischen gekreuzten Eisenstäben besteht. Diese massive Wand ist nach zweckmässigen Gesichtspunkten ausgebildet, besitzt grosse Widerstandsfähigkeit und eignet sich namentlich zu Trennungswänden, welche über Balkenlagen oder Gewölben ohne Unterstützung von unten auf ausgeführt werden müssen. Die vielseitig verwendbare Bauweise wird in Berlin als Ersatz $^1/_2$ Stein starker massiver Wände, anstelle von geputzten Brett-, von Draht-, Gipsdielen- und Zementdielen-Wänden, als leichte Zwischendecke über Klosets, Badestuben usw. zugelassen. In Fig. 1023 ist die allgemeine Anordnung, in Fig. 1024 das System mit seinen Einzelheiten dargestellt.

Fig. 1023. Freitragende Wand von Prüss & Koch. Allgemeine Anordnung.



Das System besteht danach aus einem Netz senkrechter und wagrechter Bandeisen, die ohne sich zu durchdringen, hochkantig zur Wandebene, derartig ausgespannt sind, dass sie quadratische Felder gleicher Grösse bilden, die hochkantig mit Ziegeln (dann Maschenweite 51 × 51 cm), oder mit aus Ziegeln oder Beton hergestellten Platten von ganzer Feldgrösse ausgemauert werden. Die Bandeisen werden, vergl. Fig. 1024, mit ihren zu einer Hülse zusammen gebogenen Enden, sowie mit Splinten und Krammen mit den oberen und unteren Balkenlagen, den Thürzargen und Seitenmauern verbunden. Die senkrechten Bandeisen werden zuerst in genauer Theilung straff eingespannt, die wagrechten mit dem Fortschritt der Mauer-Hochführung. Bei Anwendung von Ziegeln im Normalformat — mit Rücksicht auf Schallsicherheit, bequemes Einschlagen von Nägeln, Einstemmen von Leitungen und Rohrschlitzen empfiehlt sich die Anwendung poröser Vollsteine — hat die Wand ohne Putz 6,5, mit Putz 9 cm Stärke. Bei Betonplatten kann die Wandstärke ohne Putz auch auf 5 cm ermässigt werden. Die Thürzargen werden aus 9 × 9 cm starken Hölzern hergestellt, die mit dem Eisengerippe der Wand fest verbunden sind. Zur Vermauerung der Steine und Platten ist, soweit die Berührungs-Flächen des Eisens infrage kommen, nur Zementmörtel zu verwenden, der gleichzeitig das Eisen gegen Rosten schützt.

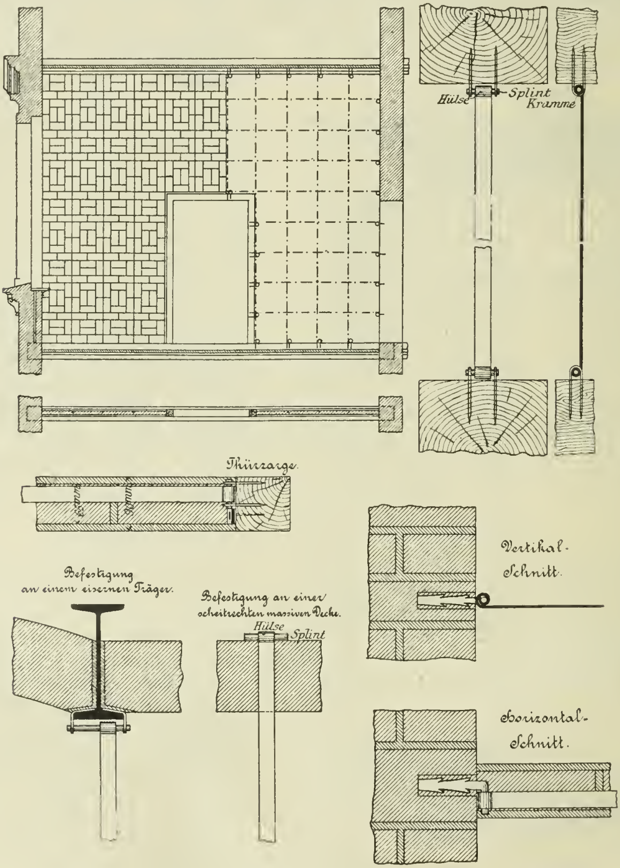
Das eingelegte Netz von Bandeisen stellt eine sichere Verspannung der Wand nach allen vier Seiten her, sodass die Last sich nicht nur auf den unteren, sondern auch auf den oberen Balken und die Seitenwände überträgt. Ausserdem

ist durch die hochkantige Lage der Flacheisen senkrecht zur Wandebene auch eine grosse Widerstandsfähigkeit gegen Ausbiegung erreicht.

Versuche, die von der technischen Vers.-Anstalt Charlottenburg bestätigt wurden, haben ergeben, dass Wände von rd. 8 m Spannweite rd. 4 m Höhe, bei denen die oberen und unteren Verbindungen und Unterstützungen gelöst waren, von den beiden Seitenwänden frei getragen wurden, ohne Risse zu erleiden.

Der Preis stellt sich in Berlin auf 3,75—4 M. für 1 qm fertiger Wand, einschl. einer Thürzarge, ausschl. Putz.

Fig. 1024. Freitragende Wand von Prüss & Koch System und Einzelheiten.



c. Die sogenannten unverbrennlichen Wände,

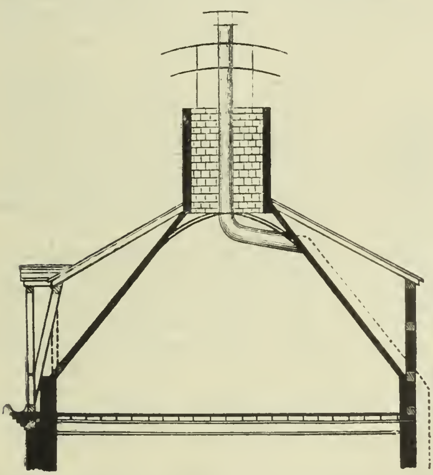
für welche im Sinne der Baupolizei sowohl Feuerfestigkeit als auch Unverbrennlichkeit erforderlich ist.

Derartige Wände haben bei vorgenommenen Brandproben ergeben, dass die einheitliche Struktur in ihrem Zusammenhange im wesentlichen gewahrt bleibt, und dass sich durch die Einwirkung des Feuers und des Wasserstrahles keine klaffende Fugen, sondern nur Abblätterungen in den Putzflächen bilden (vergl. den Gegensatz bei feuersicheren Wänden).

Drahtputz- und Rabitzwände. An der von dem Maurermeister Rabitz gegen Ende der siebziger Jahre eingeführten Drahtputzwand bildet das Drahtgewebe mit dem ersten Mörtelüberzug (Gips, gemischt mit Kalkmörtel und Kälberhaaren, etwaige Zusätze Leim oder Thonerde) anstelle der Holzwand bezw. Deckenschalung den Träger des Putzes. Damit nun der eigentliche Putzüberzug mit dieser Unterlage sich verbinde, ist es zweckmässig, ersteren aufzubringen, ehe die Unterlage erhärtet ist.

Die erste Feuerprobe 1879 erwies erheblich grössere Feuersicherheit des Rabitz'schen Deckenputzes gegenüber dem Rohrdeckenputz. Aber auch die auf beiden Seiten geputzte Brettwand widerstand dem Feuer sehr lange. Die erste Feuertaufe, d. h. der erste Feuerschaden an einer Ausführung von Rabitzkonstruktionen war ein Brand in der Staubkammer einer Dampfmühle zu Neuss a. Rh., welcher durch die Rabitzumhüllung auf diesen Raum beschränkt blieb. In Berlin waren inzwischen die Rabitzwände bereits in ausgedehnter Weise als Korridor- und Küchenscheidewände anstelle der geputzten Holzwände verwendet worden, ohne dass an einem grösseren Schadenfeuer praktische Erfahrungen gesammelt waren. Bei dem Dachbrande des Continental-Hôtels im Jahre 1887 sind die Rabitzwände in grösserem Umfange einer Feuerprobe unterworfen gewesen, wobei sie sich nicht gerade besonders bewährt haben. Diejenigen Wände, welche an den Holzbalken und Sparren befestigt waren, stürzten in sich zusammen, nachdem der Holzrahm vom Feuer zerstört war. Die übrigen Wände wurden durch das starke Feuer so mürbe, dass der Putz vom Draht abblätterte, und nur der untere Theil der Wände erhalten blieb. Der Strahl der Spritzen mit seinem Druck hat bei der Zerstörung der Wände jedenfalls mitgewirkt.

Fig 1025. Schnitt durch eine Malzdarre.



Die vom Polizei-Präsidium auf dem Grundstück der technischen Hochschule zu Berlin abgehaltenen Feuerproben verliefen jedoch viel günstiger, so dass wohl anzunehmen ist, das Material habe, je nachdem es besonders sorgfältig hergestellt wird und vielleicht noch Zusätze erhält, eine grössere Feuersicherheit, als der Brand im Continental-Hôtel erwiesen hat. So wird über eine sehr günstige praktische Feuerprobe gelegentlich des Brandes der Kriegskunst-Ausstellung in Köln im September 1890 in der Deutchen Bauztg. 1890, No. 88 berichtet. Hier hat eine Rabitz-Abschlusswand von etwa 200 ^{qm} Fläche und 5 ^{cm} Stärke, welche nachträglich in den grossen ungetheilten Ausstellungsraum eingespannt war, dem Vorschreiten eines Brandes erfolgreichen Widerstand geleistet. Auch bei dem Brand einer Malzdarre der Brauerei Paulsen zu Aachen im Jahre 1887, deren Querschnitt Fig. 1025 darstellt, ist die Rabitzumschliessung derselben unversehrt geblieben. Ferner hat sich bei dem grossen Brande des Sandthorkai-Speichers in Hamburg die Ummantelung eines senkrechten Dampfauspuffrohres, welche auf grössere Ausdehnung an drei Seiten aus Rabitzputz hergestellt war, in dem heftigen Brande recht gut bewährt und das in dem Schlot stehende Auspuffrohr betriebsfähig erhalten.

Die Rabitzwände werden in Berlin als Feuerwände neben Feuerungen zugelassen. Im übrigen wird auch Rabitzputz als Feuerschutz-Ummantelung von Säulen und Sicherung von Holz gegen das Feuer gestattet. Die Rabitzdecke wird jedoch als Ersatz für eine feuerfeste Decke, da wo sonst gewölbte Decken

vorgeschrieben sind, nicht angesehen. Immerhin bleibt für Rabitzwände und Decken, die an sich nicht brennbar sind und daher dem Feuer längere Zeit Widerstand leisten, viel Gelegenheit zur Anwendung.

Diese Wände werden hauptsächlich für innere Scheidewände an Wohn- und Fabrikgebäuden, als Wandungen von Lüftungs- und Heizungskanälen, Dunstschloten, Darrschloten und Darrgewölben in Malzdarren, als Umschliessungen von Verbindungstreppen, als Umschliessungen von Klosetanlagen, die unmittelbar von Treppenpodesten zugänglich sind, anstelle von massiven Brandmauern, da wo letztere mangels einer genügenden Unterstützung nicht ausführbar sind, in vorübergehenden Bauten, wie Ausstellungsbauten usw. benutzt. Infolge der grossen Schmiegsamkeit des Materials eignet es sich auch für dekorativ durchzubildende Bautheile und verdankt dieser Eigenschaft sowie dem Umstande, dass es einen durchaus verlässlichen Untergrund für Stuckarbeiten bildet, die in jüngster Zeit häufige Verwendung in den Zuschauerräumen von Theatern zu Logenbrüstungen, Scheidewänden zwischen Logen usw. Die Rabitzwand hat auch als Aussenwand bei dem bereits früher erwähnten Bau des Theaters der Ausstellung für Unfallverhütung in Berlin Verwendung gefunden.*)

Dass die Rabitzwand, wenn dieselbe zwischen zwei festen Wänden eingespannt ist, eine ausserordentliche Tragkraft besitzt, und nicht nur die Eigenlast, sondern noch erhebliche angehängte Belastungen tragen kann, ist durch Versuche erwiesen und erklärt sich auch daraus, dass die lothrecht fest eingespannte Wand als ein Träger von sehr grosser Höhe anzusehen ist. Diese Eigenschaft, fremde Lasten zu tragen, ist jedoch bisher nur bei der Ausführung von flachen Rabitzdecken bei weiten Spannungen insofern ausgenutzt, als die flache Decke an aus Rabitzputz hergestellte Querträger angehängt, bezw. denselben aufgelegt worden ist, worüber im nächsten Kapitel dieses Abschnittes noch Genaueres mitgetheilt wird. —

Monierwände und Zementputz-Drahtwände. Zementputz-Drahtwände werden nach dem Erlöschen des Patentes in freiem Wettbewerb von einer grossen Anzahl Firmen ausgeführt.

Die Zementputzwand mit Drahtnetzeinlage hat vor der Rabitzwand den Vorzug grösserer Feuersicherheit voraus, da Zementmörtel dem Feuer erheblich länger widersteht als Kalk- und Gipsmörtel; sie ist auch gegen seitliche Beanspruchung fester, da Zementmörtel grössere Zug- und Druckfestigkeit besitzt, und auch gegen Witterungseinflüsse beständiger ist. Ihre Herstellung ist jedoch schwieriger und kostspieliger, da abgesehen von dem höheren Preise des Zements der Zementmörtel zum Abbinden längere Zeit gebraucht. Deshalb ist es bei lothrechten Wänden, welche ohne Lehren hergestellt werden, zweckmässig, dem ersten Mörtelauftrag gleichfalls Kuhhaare und etwas Gips oder Kalkmörtel behufs schnelleren Abbindens beizumischen.

Die Verwendung der Zementputzwand ist ähnlich wie die der Rabitzputzwand, vornehmlich zur Herstellung von Entlüftungsschloten, Ummantelung von Eisenkonstruktionen usw. geeignet. So wurden beim Umbau des Universitätsgebäudes zu Berlin die Wandungen sämmtlicher Zu- und Abluftkanäle, welche nachträglich in das alte Gebäude eingebaut wurden, ebenso die gleichen Anlagen im Neubau des städt. Krankenhauses am Urban zu Berlin in dieser Ausführungsweise hergestellt.

Die eigentlichen Monierkonstruktionen unterscheiden sich von der Rabitzwand nicht nur in der Verwendung des Zementes anstatt des Gipses, sondern noch in folgendem wesentlichem Konstruktions-Grundsatz; die Rabitzwand besteht aus einem angespanntem Drahtgewebe, welches hauptsächlich nur als Mörtelträger dient, um durch den Bewurf die Gipsplatte herzustellen. Ist letztere fertig, so hat das Drahtnetz seine Aufgabe im wesentlichen erfüllt. Bei der Monierwand dagegen hat das Eisengerippe, welches aus stärkeren Eisendrähten besteht, die Aufgabe, die Zugspannungen, welche bei biegend wirkenden Kräften auftreten, aufzunehmen, während der Zement die Druckkräfte aufnimmt. Demgemäss wird das Eisengerippe bei solchen Ausführungen nicht in die Mitte der Wand, sondern nahe der einen Aussenfläche derselben eingebettet.

*) Näheres siehe Centralbl. der Bauverwaltg., Jahrg. 1889, No. 28.

Eine besonders eigenthümliche Verwendung von Monierwänden ist die zu Wandungen von Getreidespeichern (Silos), bei welcher fertige Monierplatten zu Wandungen der Zellen von sechseckigem Querschnitt zusammengesetzt werden. Die Monierwände sind in jüngster Zeit auch vielfach anstelle der Ausmauerung von Eisenfachwerkwänden angewendet worden. Sie eignen sich hierzu in besonderem Maasse, da sie nach dem, was eben angeführt ist, dem Winddruck guten Widerstand leisten, und somit eine enge Theilung und Aussteifung des Fachwerks nicht erforderlich ist. Als ausgeführte Beispiele dieser Art sind u. a. zu nennen: verschiedene Gebäude der kgl. Pulverfabriken zu Spandau, Hanau und Ingolstadt, die Ummantelung eines Hochwasser-Behälters zu Emmerich, ein frei stehender kleiner Musikpavillon in Hoppegarten, ein Ausstellungsgebäude für die Hamburgische Gewerbe- und Industrie-Ausstellung, die Glasfabrik in Stralau.

Eine äusserst umfangreiche und interessante Verwendung hat die Monierwand bei dem Bau des Zirkus und Dioramas im Glaspalast zu Leipzig gefunden. Die Eisenfachwerkwände des Gebäudes, welche zwischen lothrecht stehenden Gitterträgern eingespannt sind, wurden mit Monierplatten ausgefacht, welche vorher in der Fabrik in einzelnen Tafeln fertig gestellt und erst auf der Baustelle mit einander verbunden wurden. So konnten auf der Baustelle trotz der vorgerückten Jahreszeit in 14 Tagen 1300 qm Wände vollendet werden.

Fig. 1026.

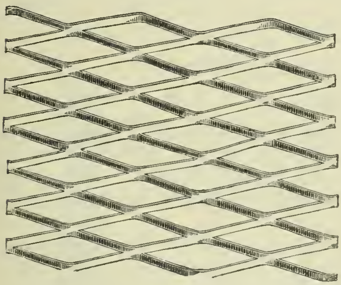


Fig. 1027.

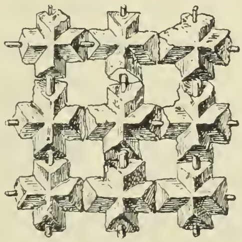
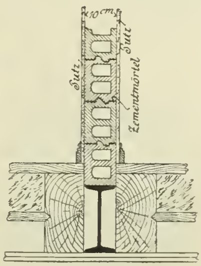


Fig. 1028.



Als feuerfeste bezw. unverbrennliche unbelastete Wände werden in Berlin noch folgende Arten zugelassen:

Die 5 cm starken Streckmetallwände des Ing. Erich Bowien in Charlottenburg, bei welcher Streckmetalltafeln (Verputzblech 2,0 m lang, 1,0 m breit, 0,6 mm stark) zwischen 10 mm starken Rundstangen gespannt wird. Die Flächen werden mit Mörtel aus 1 Theil Gips, 1 Theil Kalkmörtel bekleidet. Streckmetall, eine amerikanische Erfindung, wird aus Vollblechen durch parallele Einschnitte mit einer scheerenartigen Maschine und nachherige Zerrung senkrecht zur Schnittebene hergestellt, sodass ein rautenförmiges Netz entsteht, wie Fig. 1026 zeigt. Herstellung in Deutschland ausschliesslich durch die Firma Schüchtermann & Kremer in Dortmund.*)

Die Drahtziegelwände, Patent Stauss, des Arch. Otto Budde in Berlin, vergl. Fig. 1027, bieten ein recht brauchbares Material zu den verschiedenartigsten Ausführungen. Die Drahtziegel (hergestellt von der Firma P. Stauss & Ruff in Kottbus) bestehen aus einem 20 mm weitmaschigen Drahtgewebe mit aufgepressten steinharten gebrannten Thonkörperchen, das in Rollen in den Handel kommt, und dienen zur Aufnahme jeder Art Verputzarbeit (Kalk-, Gips- oder Zementmörtel).

Die fugenlose Luginowand der Firma Lugino & Co. Ihre Herstellung erfolgt in der Weise, dass an provisorisch aufgehängten mit erhabenen Stellen versehenen Blechtafeln Mörtel aus je 1 Theil Gips, Sand und Asche angeworfen

*) Ueber die Anwendung des Streckmetalls zu verschiedenen Zwecken im Bauwesen, siehe Dtsche. Bauztg. 1901, S. 174.

wird. Nach Erhärtung werden die Blechtafeln entfernt; die Wand steht fertig zum Verputz da. Die Wand darf ohne Putz nicht unter 5 cm und mit Putz nicht unter 7 cm Stärke ausgeführt werden.

Die 10 cm starken Hohlsteinwände mit S förmigen Lagerfugen der Firma Jul. Donath & Co. in Berlin, Fig. 1028.*) Die Hohlsteine haben bei 10 cm Stärke, 14 cm Höhe und 25 cm Länge. Sie werden in Zementmörtel 1 : 3 vermauert. (Die Wand ist in Berlin auch als sich freitragende, also ohne Unterstützung durch Träger zugelassen. Es sind dann jedoch in den drei untersten Lager-Fugen und über den Thüröffnungen Rundeisen von 5 mm Stärke einzulegen.)

Die schon unter b, S. 429 erwähnten Prüss & Koch'schen Wände.

Die Böklen'schen Zementdielen, deren Konstruktion in dem folgenden Kapitel VI dieses Abschnitts, b, ε näher behandelt ist, sind bei den Stude'schen Brennversuchen als Sparrenverkleidung und in zwei Lagen mit einer Luftisolirschicht dazwischen als eine durch mehrere Geschosse reichende Brandmauer erprobt worden. Die Brandmauer hat zwar mehrere Risse bekommen; doch wurde letzteren seitens des Preisgerichtes keine grosse Bedeutung beigemessen, um so mehr, als die Wand von beiden Seiten, zeitweilig sogar gleichzeitig Feuer erhalten hat, was sonst kaum vorzukommen pflegt. Nach dem Urtheil des Preisgerichtes kann daher die Böklen'sche Bauweise als feuersicher anerkannt werden. Immerhin möchte es doch zweifelhaft sein, ob die Böklen'schen Tafeln zu Wänden anstelle des Massivbaues vielfache Verwendung finden werden, etwa abgesehen von vorübergehenden Bauten, Fabrikschuppen und versetzbaren Häusern. Vielleicht werden die Zementdielen in Häusern, welche stark von Nässe leiden, wie Badeanstalten und Wäschereien, ein willkommener Baustoff sein.

d. Die sogenannten feuersicheren Wände.

α. Holz- und Brettwände.

Ungehobelte Lattenwände, welche in Wirthschaftskellern und Bodenräumen vielfach Verwendung finden, sind hoch feuergefährlich, da sie der Flamme den Durchtritt gestatten und zugleich reichlichen Brennstoff liefern. Eine feste Brettwand wird dagegen schon durch Behobeln gegen schnelles Erfassen durch Feuer etwas geschützt.

Der übliche Schutz der Brettwände, welche in ausgebauten Wohngeschossen als frei tragende Scheidewände angelegt werden, ist beiderseitiger Kalk- bezw. Gipsputz. Die Holzwand wird behufs Erlangung der nöthigen Steifigkeit zweckmässig aus doppelten Brettlagen hergestellt. Die Wand wird um so feuersicherer, je besser und dauerhafter die Verbindung des brennbaren Holzkerns mit dem deckenden Putz erfolgt. Diese Verbindung wird, je nach der eingebürgerten Handwerkstechnik verschieden, durch aufgenageltes Rohr oder Holzleisten hergestellt. Eine derartig sorgfältig geputzte Brettwand widersteht dem Feuer ziemlich lange, und wird daher, da sie in Wohnräumen manche anderen Vortheile bietet, nicht mit Unrecht von vielen Technikern den neueren Anordnungen vorgezogen.

Fehlerhaft ist es, die Brettwände inwendig hohl herzustellen. Ist dies in Dachgeschossen neben Binderhölzern nicht zu vermeiden, so sind die Zwischenräume wenigstens mit unverbrennlichem Stoff auszufüllen.

Döring's feuersicherer Patentputz bezweckt eine möglichst feuersichere und feste Verbindung des deckenden Putzes mit der Holzunterlage. Die zum Tragen des Putzes bestimmten Holzstäbchen, Leisten (von meist dreieckiger Form) werden in geeigneten Vorrichtungen mit Chlorcalcium und Wasserglas durchtränkt, wodurch die Holzleisten schwer entzündlich gemacht werden, indem sich durch Umsetzung kieselsaurer Kalk bildet. Ausserdem erhalten sie eine Oberfläche, welche geeignet ist, mit einer besonderen Mischung von mineralischen Bestandtheilen eine innige Verbindung einzugehen. Diese Ueberzüge bestehen aus einer Mischung von kieselhaltigem Sande und Schwerspath, sowie einer zweiten Mischung von Pulver aus kohlensaurem Kalk oder Kreide, Infusorienerde, Magnesia, Zinkoxyd, Feuersteinpulver, mit einem scharfen, äusserst kieselsäurehaltigem Sande und Wasserglas. Diese Mischungen halten fest auf der Leisten-

*) Siehe auch Dtsche. Bauztg. 1900, S. 544.

oberfläche und bilden eine rauhe Schicht, an welcher der weitere Wand- bezw. Deckenputz fest haftet.

Das Patent ist von der Kommandit-Gesellschaft Kräfft zu Wolgast erworben, welche dasselbe bei der Herstellung von feuersicheren Holzhäusern und Villen verwendet. Der beschriebene Patentputz wird auf beiden Seiten der Fachwand anstelle der sonst üblichen Fachwerks-Ausmauerung angebracht. Der äussere Putz kann, wenn auf die architektonische Durchbildung des Hauses als Holzhaus Werth gelegt wird, nur als Ausfüllung der Gefache hergestellt werden, während der innere Putz selbstverständlich das Holzwerk vollständig deckt; die Aussenwände erhalten ausserdem in den Fachen noch eine dritte innere Schalung, um einen besseren Schutz gegen Witterungseinflüsse zu erzielen. An den Aussenseiten, da wo das Holzwerk sichtbar bleibt, und architektonisch ausgebildet wird, verwendet die Firma amerikanisches Zypressenholz, welches der Witterung zugleich länger Widerstand leisten soll als die deutschen Nadelhölzer. Fig. 1029 zeigt die Einzelheiten einer Fachwerk-Aussenwand, während in Fig. 1030 der Grundriss einer Aussenwand mit anstossender Innenwand dargestellt ist. Derartige feuersichere Holzhäuser sind u. a. in mehreren Ostsee-Badeorten, sowie in den Villenorten Neu-Babelsberg und Wannsee bei Berlin ausgeführt worden.

Fig. 1029 u. 1030. Holzwand mit Döring'schem Putz.
Senkrechter Schnitt. Grundriss.

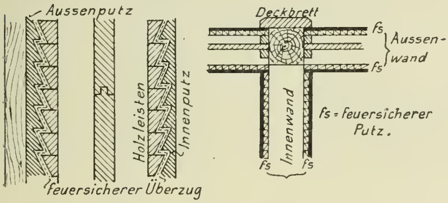


Fig. 1031. Gipsdielwand als innere Scheidewand-Ansicht.

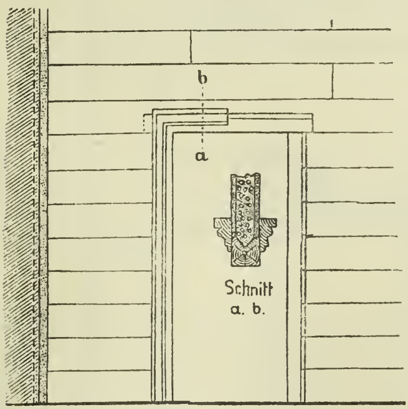


Fig. 1032. Grundriss.

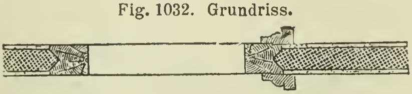


Fig. 1033.

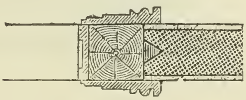
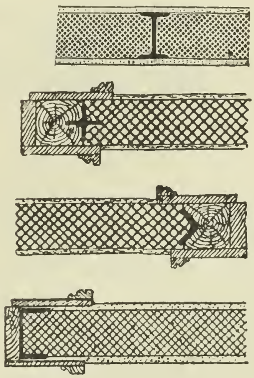


Fig. 1034 a — d.



β. Gipsdielen, Schilfbretter, Spreutafeln.

Das unter dem Namen Gipsdielen, Gipsplatten, Mack'sche Gipsdielen und Schilfbretter, System Giraudi, von verschiedenen Fabrikanten in den Handel gebrachte Material besteht im wesentlichen aus besonders zubereiteten Gipstafeln mit Einlagen von Rohr. Die behufs Erhärtung und grösserer Zähigkeit der Gipsmasse angewendeten Mittel weichen bei den verschiedenen

Fabrikanten von einander ab. So verwendet z. B. Giraudi als Bindemittel im Gips noch Kuhhaare. Anstelle von Gips wird auch Koksasche in neuerer Zeit benutzt. Die Einlagen versteifen die Masse und isoliren infolge der innerhalb der Rohrstengel befindlichen Luftkanäle, dienen somit als schlechte Schall- und Wärmeleiter. Verschiedene Feuerproben haben erwiesen, dass die Masse selbst nicht brennt, die Wärme sehr schlecht leitet und daher als Feuerschutz von Holz- und Eisenkonstruktionen unter gewissen Bedingungen sehr wohl zu verwenden ist. Allerdings büsst die Masse, wie bei dem Hauptbestandtheil derselben, Gips nicht anders zu erwarten ist, unter der Einwirkung des Feuers allmählich an Festigkeit ein, wird morsch und bröckelig, besonders wenn das Feuer von beiden Seiten einwirkt, und die Fugen der aus Platten gebildeten Flächen öffnen sich.

Die Platten werden in festen Längen von 1,80 bis 2,50 m, festen Breiten von 25 bezw. 20 cm und in Stärken von 2,5 bis 8 cm geliefert. Zur Herstellung von inneren Scheidewänden verwendet man am zweckmässigsten die stärkeren 5—7 cm Dielen, welche liegend auf Hochkante im Verband in Kalk- oder Gipsmörtel vermauert werden. In besseren Räumen wird die so hergestellte Wand beiderseitig verputzt, in Fabriken und untergeordneten Räumen kann der Putz entbehrt werden. Der Anschluss an die Thürpfosten ist aus Fig. 1031—1033 ersichtlich. Bei grosser Spannweite und beträchtlicher Höhe der Wände werden in Entfernungen von 2,5—5 m zweckmässig I-, [-, oder L-Eisen als lothrechte Stiele behufs Versteifung angeordnet, Fig. 1034a—d.

Fig. 1035. Gipsdielenwand als Aussenwand.

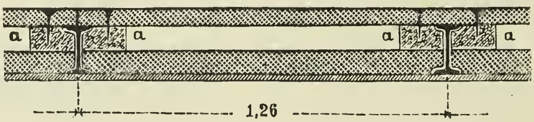
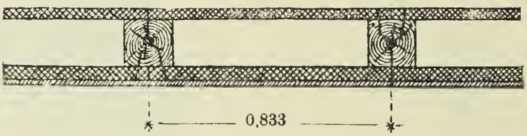


Fig. 1036.



Bei der Verwendung von Gipsdielen zu Umfassungswänden für Baracken, Fabriken, Bahnwärterbuden und vorübergehenden Bauten sind die Wände aus zwei Lagen Gipsdielen herzustellen, die mit dem inneren Holz oder Eisenfachwerk durch Nagelung verbunden werden. Fig. 1035 und 1036 stellen eine derartige von der Moniergesellschaft verwendete Bauweise dar. Eine ausgedehnte Verwendung haben diese doppelten Gipsdielenwände anfangs der 90er Jahre als Aussenwände beim Bau der Baracken des Koch'schen Instituts für Infektions-Krankheiten in Berlin gefunden.*) Es sind dort sowohl die Wände, wie die Fussböden und das Dach aus Gipsdielen hergestellt. Erstere haben innen 5 cm, aussen 7 cm starke Gipsdielen. Der Fussboden ist auf einer Balkenlage mit Einschubdecke aus 7 cm starken Gipsdielen hergestellt, auf welchen in den Krankenräumen eichener Stabfussboden in Asphalt, in den anderen Räumen Sinziger Platten verlegt sind. Das Dach besitzt eine innere 3 cm starke Verschalung aus Gipsdielen, eine Einschubdecke desgl. 7 cm stark und eine äussere Schalung in gleicher Stärke, darauf doppelte Asphaltpapplage. Um das Holzfachwerk gegen Fäulniss zu schützen (die Ausführung erfolgte sehr eilig und zu ungünstiger Jahreszeit), wurden die Pfosten usw. erst mit Asphaltpappestreifen benagelt, ausserdem alle Hohlräume entsprechend ventilirt. Die Wände wurden innen und aussen mit Oelfarbe gestrichen.

*) Vergl. Centralbl. d. Bauverw. 1891, No. 21.

Soll grössere Dauer und Wetterbeständigkeit erreicht werden, so empfiehlt es sich die äussere, der Witterung ausgesetzte Wand von Baracken aus Monier-Drahtputz und nur die innere Isolirwand aus Gipsdielen herzustellen. Fig. 1037 bis 1039 zeigen die bezüglichen Anordnungen im Grundriss und Schnitt.

Für die Isolirung von Fachwänden, feuchten Mauern usw. an der Innenseite der Aussenwände genügt die geringere Stärke der Dielen von 3 cm. Immerhin

Fig. 1037. Querschnitt.

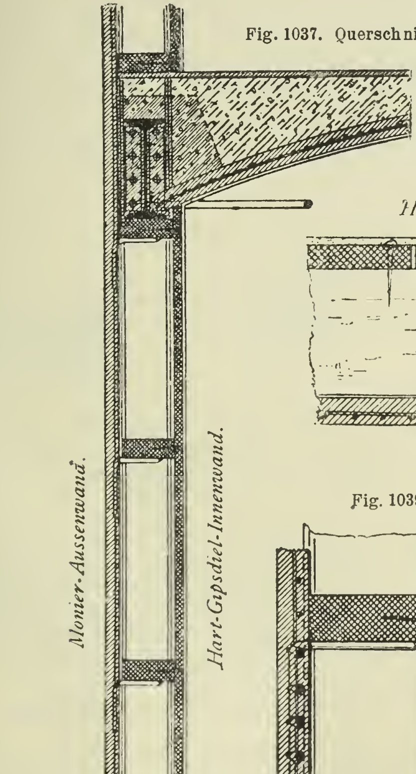


Fig. 1038. Grundriss.

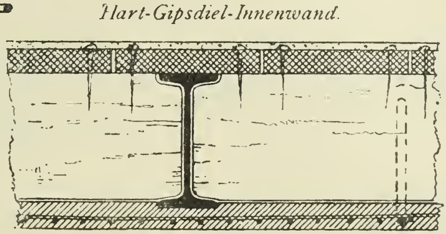


Fig. 1039.

ist da, wo dauernde Einwirkung von Nässe auf die Gipsdielen zu erwarten ist, deren Verwendung nicht gerade empfehlenswerth, da der Gips schliesslich fault, auch die Bildung von Schwamm nicht ausgeschlossen ist.

Zur Ummantelung von einzeln stehenden eisernen Säulen sind Gipsdielen bisher nicht verwendet, da dieselben nicht die genügende Härte besitzen, um frei im Raum stehend unbeschädigt zu bleiben, und auch dem runden Querschnitt sich nicht genügend anpassen lassen.

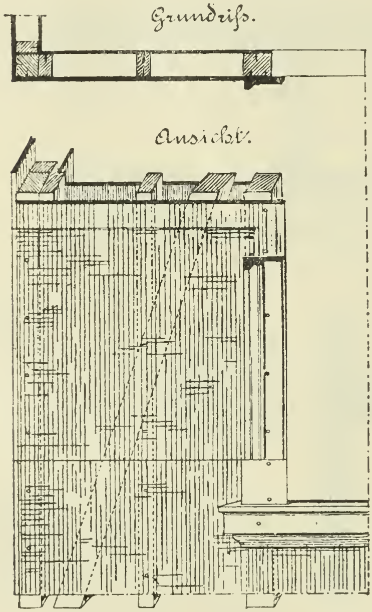
Ein den Gipsdielen ähnlicher Baustoff sind die vom Reg.-Baumeister Dr. Katz erfundenen Spreutafeln. Dieselben bilden ein Gemenge von Gips und Kalk mit Spreu, klein gehacktem Stroh, Thierhaaren, welches mit Leimwasser angerührt ist. Die Tafeln werden von 10—14 cm Dicke, veränderlicher Länge, aber gleicher Breite hergestellt, enthalten durchgehend Löcher und wiegen bei 10 cm Dicke etwa 65 kg für 1 qm. Ihre Verwendung ist ähnlich wie die der Gipsdielen.

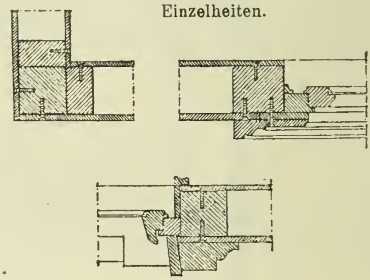
Eine weitere besondere Art von Gipsdielen sind die sogen. Schweitzer'schen Gipsdielen. Auch hier tritt anstelle der Rohreinlage ein Gemenge des Gips-

mörtels mit einem leichten, porösen Stoff, und zwar mit zerkleinerter Holzkohle. Die von der Versuchsanstalt der Charlottenburger Technichen Hochschule mit Schweitzer'schen Gipsdielen angestellten Feuerproben haben eine hohe Feuersicherheit derselben ergeben. Auch hinsichtlich der Festigkeit stehen diese Gipsdielen denen mit Rohreinlage jedenfalls nicht nach.

Bemerkenswerth sind ferner die Kunsttuffsteinplatten von Posnansky u. Strelitz in Berlin, Holzwolle-Gipsdielen-Wände v. B. Hammer zu Forst i. d. L., Gipsplattenwände (System Löschke & Opelt) von J. H. Schäffer, Triumph-Wände des Architekten P. Wagenknecht, Gipsplatten-Wände der Firma Mütz & C., Gipsdielwand Ideal der Firma Höfchen & Peschke, Gipsplatten-Wände von F. W. u. M. Müller, Gipsplatten-Wände von F. Kranz, die Plattenwand Stabilitas von R. Schäffer, sämmtlich in Berlin, Lugino-Wand mit Hohlräumen von Albert Lugino & Co. in Charlottenburg, Cocolithplatten-Wände von Br. Klemke in Friedenau, Wand- und Deckenplatten

Fig. 1040—1043. Magnesitwände.





mit Fasereinlage von M. Maucher in Berlin, Gipsplatten-Wände von Gericke in Charlottenburg; sie sind sämmtlich unter gewissen Bedingungen beim Polizei-Präsidium zu Berlin zur Verwendung zugelassen worden.

γ. Magnesit- und Xylolith-Platten.

Die Magnesitplatten bestehen aus verschiedenen Stoffen, deren Zusammensetzung Fabrikgeheimniss ist; doch ist anzunehmen, dass Sägespähne den Hauptbestandtheil der Masse bilden. Die Eigenart besteht in einem Zusatz von Magnesit, von welchem sich der Name herleitet und welcher die Feuersicherheit bedingt. Inmitten der Platten befindet sich eine Sackleinwand, welche beiderseitig von der nicht brennbaren Masse eingeschlossen ist. Die Platten werden in Stärken von 1—3 ^{cm} von der A.-G. für Asphaltirung, vorm. Jeserich in Charlottenburg, und von den deutschen Magnesitwerken in Frankenstein i. Schl. hergestellt. — Von zwei Feuerproben mit dem Erzeugniss der erstgenannten Fabrik fiel die erste im September 1889 weniger günstig aus als die zweite mit verbessertem Material am 12. März 1890 ausgeführte. Bei letzterer wurde festgestellt, dass die Magnesitplatten nicht brennen, längere Zeit dem Feuer und nachher dem Wasserstrahl Widerstand leisten, ohne an ihrer Festigkeit viel zu verlieren; die Leinwandfasern im Inneren wurden nur leicht angekohlt. Bei den Stude'schen Brandproben sind Magnesitplatten als Bekleidung einer Bretterwand, als einseitige Bekleidung einer Stubenthür und als Umkleidung eines hölzernen Unterzuges geprüft worden. Die Versuche fielen nicht besonders günstig aus, und sind nach dem Urtheil des

Preisgerichtes daher nur die stärkeren Platten von 20 mm Dicke als ausreichend feuersicher anzusehen. Immerhin werden Magnesitplatten zu feuersicheren Scheidewänden, zum Bekleiden der Unteransichten von Holztreppen, sowie zu Aussenwänden vorübergehender und versetzbarer Gebäude zweckmässige Verwendung finden.

Von den vorstehend besprochenen feuersicheren Wänden unterscheidet sich die Magnesitwand dadurch, dass stets ein Gerüst, also ein Holz- und Eisenfachwerk vorhanden sein muss, an welches die Magnesittafeln angeschraubt werden, und dass an der Stosstelle der einzelnen Tafeln Fugen entstehen, welche verkittet werden müssen. Ob sich die Platten mit der Zeit unter den Einflüssen von Wärme und Nässe werfen oder verziehen, ist daher nur von der Güte der Befestigung abhängig.

In Berlin sind vielfach Scheidewände in Wohnräumen und Fabrikräumen als Magnesitwände hergestellt, wenn es sich darum handelte, derartige Wände nachträglich in bereits benutzten Räumen aufzustellen. Die schnelle Errichtung von Magnesitbauten, die leichte Bearbeitung des Baustoffes, der sich wie Holz schneiden und nageln lässt, die schlechte Leitung der Wärme durch Magnesitplatten eignen dieselben für die Herstellung vorübergehender leicht verschiebbarer Bauten, sowie auch von Bauten in tropischen Gegenden. Besonders werden von Technikern der Eisenbahnverwaltung versetzbare Bahnwärterbuden vielfach aus Magnesitplatten errichtet und deren Vorzüge gerühmt. Fig. 1040—1043 stellen Magnesitplattenverkleidung für Umfassungswände in Verbindung mit Fensteröffnungen dar. —

Xylolithplatten sind ein ähnliches Erzeugniss wie Magnesitplatten. Die Masse, ein Gemenge von weichen Sägespähnen mit Magnesit, wird unter ausserordentlich hohem Druck hergestellt. Bei einer Brandprobe im Dezember 1890 erwiesen sich die Xylolithplatten im Feuer zwar auch unverbrennlich, isolirten auch die umschlossenen Bautheile gegen das Feuer vollständig, blieben jedoch nicht mehr widerstandsfähig, so dass sie ohne Anstrengung zerbrochen werden konnten. Xylolith ist aber später in grösserer Güte hergestellt worden. So hat ein 17 mm starker Xylolithfussboden sich bei den Stude'schen Brandproben gut bewährt. Die Platten waren 20 Minuten hauptsächlich der Einwirkung brennenden Petroleums ausgesetzt und wurden nur oberflächlich angekohlt. Da bei der Benutzung der Platten zu feuerfesten Fussböden auch der grosse Widerstand der Masse gegen Abnutzung zur Geltung kommt, so ist anzunehmen, dass die Xylolithplatten sich hauptsächlich als Fussbodenbelag einbürgern werden.

Gleichen Zwecken dienen die Cocolithplatten von Klemke, sowie die Deckenplatten von Maucher.

δ. Wände aus Schwemmsteinen.

Der vulkanische Bimssand des Neuwieder Beckens wird im Verhältniss von 9:1 mit Kalkmilch gemengt und zu Steinen gestrichen, die Monate lang an der Luft getrocknet werden. Spez. Gewicht 0,7—0,95, Druckfestigkeit bis 27 kg auf 1 qcm. Die damit ausgeführten Bautheile wie Zwischenwände, Deckenkappen sind leicht, trocken, feuer-, schwamm- und schallsicher und schützen gegen Kälte und Wärme.

ε. Wände aus Asbestschiefer.

Die Asbest- und Gummiwerke (Calmon) zu Hamburg bringen seit einigen Jahren diesen neuen Baustoff in den Handel. Asbestschiefer wird in Tafeln von 1 qm Grösse und in Stärken von 1,5—15 mm für Dächer, Wände und Decken hergestellt. Die Vorzüge erstrecken sich auf Wetter-, Frost- und Feuerbeständigkeit und Wasserundurchlässigkeit, sowie hohes Isolirvermögen gegen Hitze und Kälte. Asbestschiefer ist namentlich für Baracken zu militärischen Zwecken und in den Tropen verwendet worden. Bekannt geworden ist besonders das Asbesthaus des Feldmarschalls Graf Waldersee während der Chinawirren 1900/1901, dessen rasche Zerstörung durch Brand nicht sowohl dem Baustoff, als der Anordnung des Gebäudes und den besonders unglücklichen Umständen zuzuschreiben ist.

ζ. Wände aus Korksteinen.

Der Baustoff unter der Bezeichnung Korksteine oder Korkplatten findet vielfache Verwendung für freitragende Wände, unbelastete Gewölbe, als Wärmeschutzmittel sowie zur Abhaltung von Feuchtigkeit unter Dachflächen, für kalte Fussböden und Wände, zur Ummantelung von Schornstein-, Dampf- und Wasserröhren, als Unterlage für Maschinen zur Dämpfung des Geräusches u. a. Es sind zumeist plattenförmige Körper hergestellt aus Korkabfällen, die mit irgend einem Bindemittel oder auch ohne solches durch Wärme unter Druck vereinigt werden. Die Art des Bindemittels oder die Art der Vereinigung der Korktheilchen zu einem zusammenhängenden Körper und die Herstellung sowie die Grösse der angewendeten Pressung sind entscheidend für die Art der Verwendbarkeit der Körper. Die eigentlichen zum Ummauern bestimmten Korksteine werden unter ganz bestimmtem Druck zu ziegelähnlichen Körpern gedichtet. Sie werden häufig noch in geschmolzenen Asphalt (auf der Baustelle) getaucht.

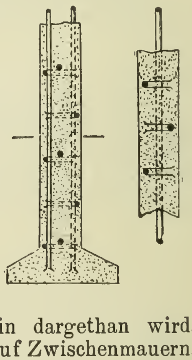
Gewisse Erzeugnisse aus zerkleinertem Kork mit beliebigem Bindemittel wie Kleister gelten als minderwerthige Abarten.

Die Firma Grünzweig & Hartmann in Ludwigshafen a. Rh. führte bereits 1880 den Korkstein ein, 1891 verbessert durch D. R.-P. 68532. Als Bindemittel dient eine wässerige Emulsion von möglichst fettem Thon mit Theer. Eine ganze Reihe anderer Firmen sind gefolgt. Spez. Gewicht des Korkes ist 0,23—0,25. Ein Normalstein 25/12/6,5 ^{cm} wiegt rd. 500 ^{g}. Nach Druckversuchen können 25 ^{mm} starke Platten einen Druck von 30 ^{kg} auf den Quadratcentimeter ohne Gefahr ertragen. Nach Brandversuchen der Berliner Feuerwehr 1893 haben sich Korkplatten als durchaus feuersicher bewährt, nachtheilig ist jedoch die Entwicklung giftiger Gase des schwelenden Korkes beim Brande. Grössere Deckenflächen aus diesen Platten erleiden bei sehr starken Temperaturunterschieden der zu isolirenden Räume bedenkliche Formveränderungen, Vorsicht in der Auswahl und Anwendung der Fabrikate erscheint jedenfalls geboten.*)

e. Tragende Mauern in Betoneisen-Konstruktion.

Anstelle massiver, belasteter Mauern werden neuerdings auch Betonmauern mit Eiseneinlage ausgeführt, die entweder als Mauern von gleichmässiger Stärke hergestellt werden, oder aufgelöst in einzelne Stützen mit stärkerem Eisenkern, welche die ganze Last aufzunehmen haben, zwischen denen dann dünne Wände eingeschoben werden, die nur ihr eigenes Gewicht tragen. Im ersteren Falle entspricht die Anordnung dem Massivbau, nur dass die Mauern sich wesentlich dünner halten lassen, im zweiten dem Fachwerkbau. Das System „Hennebique“, vergl. die betr. Ausführungen im nächsten Kapitel über Decken-Konstruktionen, ist der hauptsächliche Vertreter der ersten Anordnung. Wie die Fig. 1044a und b zeigt, sind in die Betonmasse zwei sich kreuzende Lagen von Rundeisenstäben eingelegt. Die in Mauermitte eingebetteten Stäbe haben die Biegungen in lothrechter Richtung, die abwechselnd an der Aussen- und Innenfläche liegenden diejenigen in wagrechter Richtung aufzunehmen. Zur Aufnahme von Scheerspannungen dienen die dem System Hennebique eigenen Querbügel.

Fig. 1044 a u. b.



In Deutschland sind diese Ausführungen, wie weiterhin dargethan wird, noch sehr selten, in Frankreich übrigens auch hauptsächlich auf Zwischenmauern, wenigstens in Wohngebäuden, beschränkt, namentlich mit Rücksicht auf die hygienischen Eigenschaften des Betons. (Vergl. Hauptabschnitt VI.)

Bezüglich der Feuersicherheit dieser Mauern gilt im wesentlichen dasselbe, wie von den Ausführungen in reinem Stampfbeton.

*) Vergl. Mittheilungen der Berliner techn. Versuchsanstalten 1901, 2. Heft.

f. Feuerfeste und feuersichere Stützen und Pfeiler.

α. Steinpfeiler und gemauerte Pfeiler.

Am dauerhaftesten im Feuer sind, nach den von Prof. Bauschinger 1885 (vergl. Dtsche. Bauztg. 1885, No. 57 und 1886, No. 42) angestellten Versuchen Pfeiler, welche aus Klinkern in Zement gemauert, oder aus magerem Zementbeton (Grobmörtel) hergestellt sind. Dieselben sind bei der genannten Probe trotz $1^3/_4$stündiger Einwirkung des Feuers und trotz bis zu 600° C. getriebener Erhitzung sowie gleichzeitiger Anspritzung ganz unversehrt geblieben. Von Hausteinen bewährte sich der Tuffstein am besten.*)

Versuche mit Säulen aus Granit, aus Kalk und Sandstein lieferten höchst ungünstige Ergebnisse. Bei den verschiedenen Arten des Sandsteins wird die Feuerbeständigkeit hauptsächlich von dem Bindemittel derselben abhängen und um so grösser sein, je mehr dieses Bindemittel quarzhaltig und je weniger kalkhaltig es ist. Die Widerstandsfähigkeit der genannten Hausteinsäulen gegen den Angriff des Feuers wird zugleich geringer sein, als die von gemauerten Pfeilern, da erstere, entsprechend der üblichen grösseren Beanspruchung des Baustoffes, mit einem geringeren Querschnitt verwendet zu werden pflegen, und die Erhitzung daher um so eher das Innere der Säule erreichen kann.

β. Hölzerne Stützen.

Hölzerne Stützen und Unterzüge entflammen zwar, wenn sie unummantelt dem Feuer ausgesetzt werden und tragen auch zur Unterhaltung des Feuers bei. Bei genügender Stärke des Holzes dauert es jedoch längere Zeit, bis die Zerstörung den inneren Kern erreicht. Auch wird von Feuerwehroffizieren es als ein Vortheil angesehen, dass bei einem im Fortgang begriffenen Brande die noch vorhandene Tragfähigkeit eines brennenden Holzkonstruktionstheils mit viel grösserer Sicherheit beurtheilt werden kann, als dies bei Eisen der Fall ist, sowie dass auch durch Anspritzen keinerlei ungünstige Einwirkung zu befürchten steht. Besonders feuersicher sind sehr starke hölzerne Stützen aus Eichenholz, welche schwer entflammbar sind und, selbst wenn die Aussenseite brennt, noch einen tragfähigen inneren Kern behalten. Nach den verheerenden Speicherbränden in Hamburg und an anderen Stellen, ist man neuerdings daher stellenweise sogar wieder zur Anwendung des Holzes übergegangen (Lagerhäuser in Dortmund, Breslau, Karlsruhe usw.). Immerhin wird die Beschaffung derartiger Hölzer, die auch zur Uebertragung grösserer Auflasten genügen, stets schwieriger, und drängt daher unsere ganze Industrie und Technik auf die weitere Verbreitung der Verwendung des Eisens als Baustoff. Indessen werden noch die Bemühungen zur Gewinnung eines feuersicheren Holzes zu angemessenen nicht zu hohen Preisen fortgesetzt. Derartige Baustoffe hat die Firma Hülsberg & Co. zu Charlottenburg durch die Landbauämter I und II in Dresden einer amtlichen Brandprobe im Frühjahr 1901 unterziehen lassen.**)

Die Prüfung 1. für Holz, mit feuerschützender Anstrichmasse behandelt, ergab, dass der Anstrich ein zum Ausbruch gekommenes Feuer in seiner Entwicklung merklich zu verzögern vermag, 2. bei dem nach besonderem Verfahren unter Druck imprägnirten Holz konnten nach dem Brande nur mässig angekohlte Holzflächen ohne Blasen und Abblätterungen festgestellt werden. Diese Brandprobe liefert somit einen deutlichen Beweis dafür, dass die so behandelten Hölzer recht wohl im Stande sind, einen Brand erheblich aufzuhalten und die Gefahr der Weiterverbreitung zu beschränken. (Nicht so günstige Ergebnisse lieferten übrigens Brandproben, die im November 1900 in Hamburg abgehalten wurden,***) dagegen haben in Berlin vorgenommene Proben, die allerdings nicht als streng amtlich aufzufassen sind, ebenfalls befriedigende Ergebnisse gehabt.****)

---

*) Von der dem Tuffstein verwandten Niedermendiger Basaltlava ist wohl ein Gleiches zu erwarten.

**) Vergl. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1901, Seite 216.

***) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1901 S. 128.

****) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1901 S. 27.

In Amerika hat man ebenfalls Imprägnirungsverfahren (Entziehung der natürlichen Säfte und deren Tränkung mit einer gesättigten Salzlösung unter hohem Druck) angewendet, die sich bewährt haben sollen,*) aber durch sehr hohen Preis ihrer Einführung in grösserem Maasstabe im Wege stehen.

γ. Eiserne Stützen und Unterzüge.

Die Tragfähigkeit des Eisens nimmt mit der Erhitzung bedeutend ab, ferner hat das Eisen die sehr nachtheilige Eigenschaft, sich bei gleichmässiger Erhitzung stark auszudehnen, und bei ungleichmässiger zu verdrehen, dagegen hat es den Vorzug, dem Feuer keine Nahrung zuzuführen.

Als Beispiel von Gebäuden, welche aus Stein und Eisen hergestellt waren, und trotzdem durch Feuer zerstört wurden, sind unter anderen zu nennen: der Kristallpalast zu Sydenham, der Ausstellungspalast zu New-York, grössere Werkstätten in der Artillerie-Werkstatt zu Spandau, das Lagerhaus in der Kaiserstrasse zu Berlin und die Brände der Kaispeicher-Bauten im Freihafengebiet zu Hamburg sowie in Bremen. Der Brand des grossen Lagerhauses in der Kaiserstrasse zu Berlin, welches 1887 im Oktober vom Feuer zerstört wurde, gab diesseits des atlantischen Ozeans den Anstoss, dass fortan, namentlich in Berlin, auch für Lagerhäuser und Fabriken auf die gluthsichere Ummantelung aller Eisenkonstruktionen, um letztere dem unmittelbaren Einfluss des Feuers zu entziehen, Bedacht genommen wurde. Der Speicherblock im Freihafengebiet zu Hamburg, welcher am 21. April 1891 durch Brand im Inneren fast vollständig zerstört wurde, war nicht mit feuersicheren Decken versehen. Die tragenden Bautheile der Decken waren als eiserne Gitterpfeiler, bezw. als Gitterträger oder aus I Eisen ausgeführt. Es unterliegt keinem Zweifel, dass die vollständige Zerstörung des Inneren des Gebäudes dem mangelnden Schutz des Eisens gegen die Feuersgluth, sowie der Verwendung nicht feuersicherer Holzdecken zuzuschreiben ist. Widerstreitend sind nur die Meinungen darüber, ob gerade bei Speicherbauten die Ummantelung der Eisenkonstruktionen mit Feuerschutzmitteln nicht andere gleichfalls gewichtige Nachtheile mit sich bringt. Von den Gegnern der Ummantelung werden als solche bezeichnet: die Beschleunigung des Rostens des Eisens, die Schwierigkeit, die Eisenkonstruktionen von Zeit zu Zeit hinsichtlich ihrer Erhaltung (ähnlich wie bei Brückenproben) zu untersuchen. Auf derartige regelmässig zu wiederholende Untersuchung der Eisentheile von Speichern wurde namentlich in Hamburg deshalb Werth gelegt, weil die Ueberlastung von Speichern infolge Lagerung anderweitiger schwererer Waaren, als bei der Erbauung des Speichers vorgesehen war, leicht zur Ueberanspruchung einzelner Eisentheile und namentlich der Nietverbindungen führen kann. Schliesslich werden auch gegen die Herstellung feuerfester Decken und ummantelter Eisenstützen in Speichern die hohen Kosten ins Feld geführt, welche bei der grossen Ausdehnung solcher Gebäude mit dem Zwecke nicht in Einklang ständen und den Handelsverkehr unnöthigerweise belasteten. Seitens der Vertheidiger der unummantelten Säulen wird zugleich darauf hingewiesen, dass selbst in Nordamerika, wo in den Grosstädten, z. B. in New-York, für Theater, Hospitäler, Schulen und Gefängnisse eine feuersichere Bauart, d. h. die Ummantelung aller tragenden Eisenkonstruktionen vorgeschrieben ist, dem Bauherrn eines Speichers freie Hand gelassen ist, eine feuersichere Bauweise zu wählen. (Vergl. die Abhandlung von B. Ohrt, Dtsche. Bauztg. 1894, No. 6.)

Hamburg legt der Frage der Ummantelung der eisernen Speicherstützen die grösste Wichtigkeit bei, daher sind daselbst seit Jahren von Staatswegen umfangreiche und kostspielige Brandversuche vorgenommen; auf diese wird später noch zurückzukommen sein. Eine neue Veröffentlichung über das Ergebniss der letzten Versuche durch Bauinspektor Weyrich steht voraussichtlich bald bevor.**)

In der Zeit zu Anfang der 80er Jahre waren in Berlin die gusseisernen Säulen infolge übler Erfahrungen, welche bei Bränden gemacht waren, in Verruf

---

*) Vergl. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1897, S. 310, sowie Zeitschr. für Arch.- u. Ing.-Wesen 1897, Sp. 360 ff.

**) Es sei nochmals hingewiesen auf das in Bearbeitung befindliche Buch „Muster und Beispiele für Feuerschutz von Eisenkonstruktionen“. Vergl. die Fussnote auf S. 424.

gekommen, und es wurde damals angenommen, dass die schmiedeisernen Stützen feuersicherer wären. Dies ist jedoch durch Versuche, welche Professor Bauschinger 1885 ausführte, nicht bestätigt worden. Letzterer kam vielmehr zu dem Ergebniss, dass schmiedeiserne Stützen selbst unter günstigen Einspann- und Befestigungsweisen ihrer Enden theilweise schon bei nicht ganz erreichten 600° C. Temperatur, jedenfalls aber bei geringster Glühhitze unter ihrer Last nach dem Feuer zu durchbiegen, welche Bewegung durch das Anspritzen von der Gegenseite eher unterstützt und beschleunigt wird, selbst dann, wenn nur die Enden der Säulen vom Wasserstrahl betroffen werden. Dagegen ergab sich das Verhalten der gusseisernen Säulen bei den Proben erheblich günstiger.

Das Zutreffende dieser Versuche wurde von verschiedenen Seiten angefochten. Deshalb erliess im Jahre 1886 der Verein für Beförderung des Gewerbefleisses eine Preisausschreibung für „die beste Arbeit über die Widerstandsfähigkeit auf Druck beanspruchter eiserner Baukonstruktionstheile bei erhöhter Temperatur“. Dieser Preis ist den gemeinschaftlichen Versuchen und Arbeiten des Reg.-Baumeisters Möller und Ingenieurs Lühmann zuerkannt worden. Nach diesen Versuchen lieferten die mit 6 cm starker Verkleidung von Zementmörtel versehenen Stützen sehr gute Ergebnisse. Ferner fällt bei gusseisernen Stützen die Thatsache auf, dass infolge des Anspritzens niemals die erwarteten Risse und Sprünge vorgekommen sind. Wenn bei Bauschinger's Versuchen dies der Fall war, so wird dies dem Umstande zugeschrieben, dass die verwendeten Probestücke Kaltgusstellen enthielten, welche besonders bei liegend gegossenen Säulen entstehen. Wenn diese Annahme zutrifft, würde es somit zweckmässig sein, Säulen mit Kaltgusstellen nicht zu verwenden, und vorzuschreiben, dass nur stehend gegossene Säulen zu liefern sind. Im übrigen hat bei jenen Versuchen das Gusseisen höhere Beanspruchungen ausgehalten, als das Schmiedeisen. Weiter zeigten die Versuche, dass es zweckmässig ist, die Querschnittsform so zu wählen, dass die Kantenpressungen möglichst gering sind. Im allgemeinen wird nur auf Grund der örtlichen Verhältnisse die Entscheidung zu treffen sein, ob Gusseisen oder Schmiedeisen vorzuziehen ist.

Wie schon vorhin erwähnt, hat die Hamburgische Staatsverwaltung umfassende Versuche über die Feuersicherheit namentlich von Speicherstützen, wie solche bei den Freihafenbauten daselbst vielfach Verwendung gefunden haben, anstellen lassen, welche vorzugsweise auch die Nothwendigkeit und zweckmässigste Art der Ummantelung der Stützen klar stellen sollten. Die Versuche erstreckten sich auf Ummantelungen mit Monier, Gipsdielen, Xylolith, Korkstein, Holzkasten mit Blechbeschlag, Asbest-Kieselgur und Asbest-Zement. Aus den bisher bekannten Versuchen geht hervor, dass eine passende Ummantelung die Feuersicherheit der Eisenkonstruktionen in sehr beachtenswerthem Maasse erhöht. Die Versuche geben ferner Aufschluss über das Werthverhältniss, in welchem die geprüften Ummantelungen inbezug auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen Feuer und ihr Wärmeschutzvermögen zu einander stehen. Die Ummantelungen sollen vor allem das Vordringen der Wärme zu den Eisenkonstruktionen verzögern. Diese Forderung erfüllen sie nur dann, wenn sie neben Gewährung ausreichenden Feuerschutzes unter der Einwirkung starker Hitze genügende Festigkeit gegen den Angriff fremder Kräfte bewahren, seien diese nun durch Herabsturz von Baukonstruktionstheilen, durch in Bewegung gerathene Waaren oder durch die Einwirkung des Wasserstrahles hervorgerufen.

Die Versuchsergebnisse lassen sich dahin zusammenfassen: Am wenigsten widerstandsfähig gegen die Einwirkung des Feuers sind schmiedeiserne Stützen mit offenem Querschnitt; sie verlieren ihre Tragfähigkeit bei einer Eigenwärme von etwa 600° C. und 1000 kg/qcm Beanspruchung, dann folgen gusseiserne Stützen mit geschlossenem Querschnitt, die ihre Tragfähigkeit bei etwa 800° C. Eigenwärme und 500 kg/qcm Beanspruchung nach etwa 35 Minuten verlieren. Ausbetonirung der Stützen mit offenem Querschnitt vermehrt ihre Widerstandsfähigkeit nur in geringem Maasse. Zweckmässige Ummantelungen vermögen sowohl bei schmiedeisernen und noch mehr bei gusseisernen Stützen den Verlust der Tragfähigkeit lange aufzuhalten. Die Anordnung von Luftschichten zwischen den Stützen und den Ummantelungen, die bisher ganz allgemein in dem

Ruf grossen Wärmeschutzvermögens stand, hat sich bei den Versuchen keineswegs als wirksam erwiesen, da ihre Anwendung die Widerstandsdauer der Stützen in keinem Falle vermehrt hat. Sie hat ausserdem den Nachtheil der Widerstandsverminderung des Mantels gegen mechanische Einflüsse, beansprucht grösseren Raum und ist unkonstruktiv.

Von den geprüften Ummantelungen gaben den weitaus besten Wärmeschutz die Ummantelungen aus Asbest-Kieselguhr, 5 cm stark, ab, dann folgen Monierausführungen in einer Stärke von 4 cm, Korkstein, 4 cm stark, Asbest-Zement, 4 cm stark, Holzkasten mit Blechbeschlag, Gipsdielen und Xylolith. Hinsichtlich der Kostenfrage ist zu berücksichtigen, dass Korkstein-Ummantelungen zurzeit am billigsten sind, dann folgen Monier-Ummantelungen, Asbest-Zement und als theuerstes aber wirksamstes Material Asbest-Kieselguhr.

Fig. 1045.



Fig. 1046.



Fig. 1048 u. 1049.

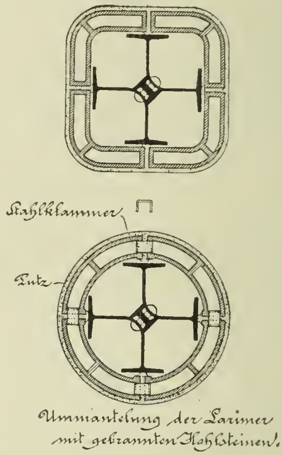


Fig. 1047.

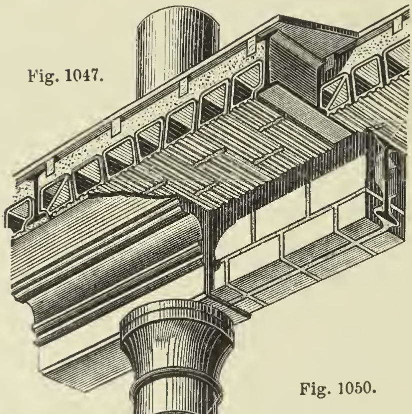
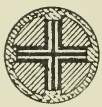


Fig. 1050.



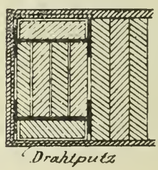
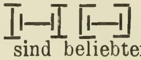
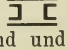


Fig. 1051.

In Amerika ist die gluthsichere Umhüllung der Eisen-Bautheile und somit auch der Eisenstützen bereits seit mehreren Jahrzehnten in Gebrauch. Die Nothwendigkeit der Ummantelungen hat sich dort früher als in Europa herausgestellt, da der Ersatz der balkentragenden Mauern durch Eisenstützen nicht nur in den hohen Riesenhäusern, sondern auch sonst in Geschäftshäusern und öffentlichen Gebäuden bereits viel früher vielfach die Regel war. Es werden hierzu hauptsächlich gebrannte, theilweise hohle Thonplatten verwendet. Den gusseisernen Säulen wird hierbei vielfach eine Querschnittsform mit angegossenen Stegen gegeben, wie in den Fig. 1045—1047 dargestellt ist.

Ueber die in neuerer Zeit in Amerika übliche Ausbildung von Säulen aus Schmiedeisen oder Stahl bringt Architekt Maier in der Deutschen Bauztg. 1894, No. 39—41 ausführliche Mittheilungen. Es werden, wie bei uns, die offenen Querschnitte  und die geschlossenen Querschnitte  verwendet. Die ersteren sind beliebter, weil sie besser zu überwachen sind und Raum zur

Unterbringung der Gas- und Wasserleitungsrohre bieten. Alle diese Säulen erfordern vier Nietreihen. Dem Bestreben, die mit der Herstellung dieser vier Nietreihen verbundene Arbeitszeit zu sparen, verdankt die sogen. „Larimer Column“ ihre Einführung. Dieselbe besteht aus zwei in der Längsaxe zusammengebogenen I-Trägern und einem Ausfülleisen. Zu ihrer Verbindung ist nur eine Nietreihe erforderlich. Ausser der hierdurch bedingten billigen Herstellung und bequemen Ueberwachbarkeit bietet diese Säule noch den Vortheil der einfachen Anflanschung von Unterzügen mittels gewöhnlicher L- und C-Eisen. Die Ummantelung der Larimer-Säule geschieht nach Fig. 1048 und 1049 mit gebrannten Hohlziegelsteinen. Die einzelnen Hohlsteine werden durch Stahlklammern zusammengehalten. Die Stossfugen sind der Höhe nach versetzt, und die über einer Fuge liegende Klammer kommt in den Hohlraum der nächst folgenden Schicht zu liegen und giebt dieser an der Auflagerfläche einen festen Halt. Die äussere Fläche ist gerillt für die Aufnahme des Putzüberzuges.

Uebrigens ist die Technik der Herstellung gebrannter, besonders geformter, zu Verkleidungen benutzter Hohlsteine in Amerika so entwickelt, dass nicht nur Hohlsteine zur Ummantelung von Säulen, Ausfüllung von Deckenfeldern, sondern auch zur Verkleidung von Mauerflächen, Herstellung dünner Scheidewände und Schornsteinkasten benutzt werden. Näheres hierüber bringt der genannte Aufsatz von Maier.*)

Bei einer grossen Feuersbrunst zu Montreal (1901) war die Konstruktion von porösen Ziegelgewölben, deren Widerlagssteine um die Trägerflanschen griffen, unversehrt geblieben, dagegen bildete bei demselben Brande Drahtgeflecht mit Mörtelbewurf nicht den gleichen Schutz; die Träger waren verbogen und die Gewölbe gesackt.

In Deutschland haben sich besonders hergestellte Formsteine für die Umkleidung von Säulen noch nicht eingebürgert. Vielmehr sind hierzu bisher hauptsächlich gewöhnlich geformte und erforderlichenfalls mit dem Hammer bearbeitete Ziegel verwendet worden. Fig. 1050 stellt eine derartige Ummauerung der Stützen in den Gratweil'schen Bierhallen zu Berlin (Architekt Schwechten) dar. Es eignen sich zur Umkleidung besonders Chamottestücke, weil dieselben grössere Hitze aushalten, aber auch poröse Steine und Lochsteine, weil diese die Wärme schlechter leiten.

E. Eichholz in Berlin führte 1900 eine feuersichere Ummantelung gusseiserner Stützen ein, die aus ringförmig in Verband übereinander gesetzten, entsprechend geformten, an den Stossflächen mit je einem halbkreisförmigen Ausschnitt versehenen Mantelsteinen besteht. Möbius zu Leipzig-Reudnitz stellt eine feuersichere Ummantelung mit um die Säule schneckenförmig gewundenem, gelochtem, nicht gedrehtem Band innerhalb des äusseren Mantels sowie mit Mörtelbekleidung auf Drahtnetz her.

Die Firma Rheinhold & Co. hat durch eine in Hannover 1899 ausgeführte Brandprobe einen Beweis der Bewährung von Sinterumhüllungen — Feuertrotz**) — für Säulen erbracht. Die Säule wird zunächst mit Wärmeschutzmasse umhüllt, darüber eine Schicht brennbaren Stoffes aufgetragen, welche veraschend Wärme gebrauchen soll und das Ganze dicht umhüllt mit einem im Feuer versinternden Gemenge. Eisenblechthüren mit Feuertrotzmasse gefüllt boten gegen Feuer keinen wirksamen Schutz. Bei der schon erwähnten, im Frühjahre 1901 abgehaltenen Brandprobe zu Dresden, hat sich das Asbestschutzmittel von Albert Sauerzapf, aufgetragener Asbestmörtelputz auf einer Drahtziegelunterlage (System Stauss vergl. S. 433) ausgezeichnet bewährt.

Die Unterzüge feuerfester Decken werden ähnlich wie die Gewölbeträger behandelt (vergl. die Ausführungen im folgenden Kapitel VI dieses Abschnittes). Im übrigen ist zu beachten, dass die Eisenbalken auf die Unterflanschen der Unterzüge oder nur ein wenig höher so zu verlegen sind, dass die Unterzüge gar nicht, oder nur ein Geringes aus der Decke herausreichen. I Träger, welche massive Wände tragen, sind zweckmässig doppelt zu wählen. Der Zwischenraum

*) Vergl. auch Dtsche. Bauztg. 1899, S. 398.
**) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1900, S. 564.

ist auszumauern oder, wenn dies nicht angängig, mit Zementmörtel auszugiessen. Der Raum zwischen den äusseren Flanschen ist durch Beton, Mauerwerk oder Gipsdielen auszufüllen und der so gebildete rechteckige Querschnitt mit Drahtzementputz zu umhüllen. (Fig. 1051.)

δ. Stützen in Betoneisen.

Während bei den vorbeschriebenen eisernen Stützen der Beton lediglich als feuersichere Umhüllung dienen soll und nicht beabsichtigt wird, die Tragfähigkeit der Stützen durch diese Umhüllung zu erhöhen, werden neuerdings auch Stützen und Säulen in Betoneisen-Konstruktion ausgeführt, bei welchen die Tragfähigkeit bedingt ist durch das Zusammenwirken beider Materialien. Bezüglich der Wirkungsweise und Zulässigkeit solcher Konstruktionen im allgemeinen, sei auf das nachfolgende Kapitel der Deckenkonstruktionen verwiesen, insbesondere auch auf die Ausführungen über die Hennebique-Bauweise. Letztere kann als der Grundtypus dieser Stützenkonstruktion angesehen werden, von der sich andere Ausführungsarten hauptsächlich durch die Form der Querverbindung der in der Längsrichtung der Stütze eingelegten Eisen unterscheiden. In den Fig. 1052—1054 ist die Ausbildung solcher Stützen und ihr Anschluss an die Deckenbalken dargestellt. Soweit nicht architektonische Rücksichten mitsprechen, haben die Stützen quadratischen Querschnitt und eine Eiseneinlage von mindestens vier Rundeisen von 50—80 mm Durchmesser (die anderen Systeme bedienen sich meist schwächerer, aber zahlreicherer Eisen, abgesehen von den amerikanischen Ausführungen mit trägerartiger Eisenseele), die in etwa 50 cm Abstand mittels durchlochter Flacheisen oder auch durch Drähte miteinander verbunden sind. Bei mehrstöckigen Gebäuden gehen die Eisenstäbe ohne Unterbrechung durch alle Geschosse. Die Stösse sind dabei durch Ueberschieben von Hülsen gebildet. Es sind bisher Stützen ausgeführt, deren Querschnitts-Abmessungen von $^{15}/_{15}$ cm bis $^{50}/_{50}$ cm, deren Belastungen bis 300 t steigen.

Fig. 1052.

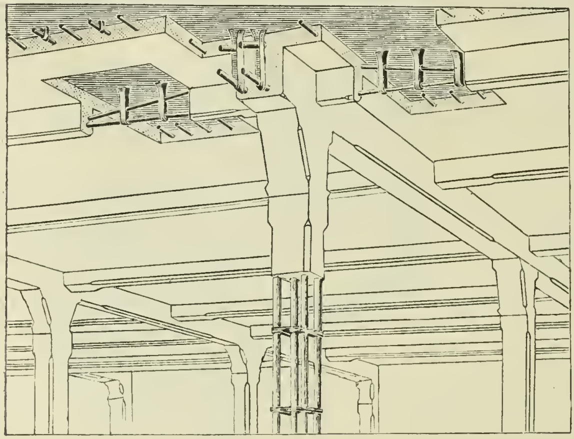


Fig. 1053.

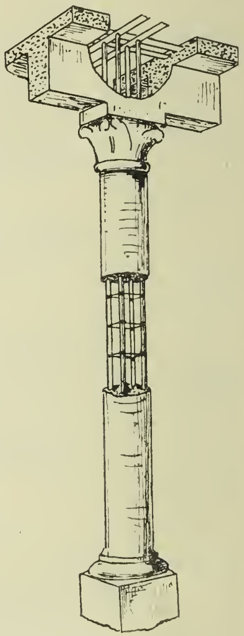
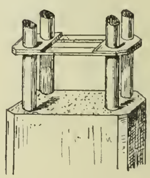


Fig. 1054.



Betoneisen - Stützen sind bisher meistens im Auslande, namentlich in Frankreich, der Schweiz und in Amerika zur Anwendung gekommen, in Deutschland

dagegen nur in wenigen Städten, so in Düsseldorf, Frankfurt a. M., Hamburg und Leipzig gestattet, während sie von der Baupolizei vieler Städte, darunter Berlin, nicht zugelassen werden, einerseits wegen der Unsicherheit, die bisher noch in der statischen Berechnung liegt (nach dem heutigen Stande der Wissenschaft nicht mehr in dem Maasse zutreffend), andererseits wegen der Gefahren, welche nicht durchaus sorgfältige Ausführungen und zu frühe Belastung noch frischer Stützen bei dem Aufbau der oberen Stockwerke mit sich bringt für den Bestand des ganzen Bauwerkes.*)

Hennebique selbst bestimmte die Abmessungen und Eiseneinlagen der Stützen bei zentrischer Belastung sehr einfach aus der Formel: $P = k_b . F + k_e . f$, worin F der Querschnitt des Betons, f derjenige der Eiseneinlagen und k_b und k_e die bezüglichen zulässigen Beanspruchungen sind, die er mit 25 kg/qcm für den Beton, 1000 kg/qcm für die Flusseiseneinlagen annimmt. Hiernach müssten also beide Materialien gleichzeitig die zulässige Grenze der Zusammendrückung erreichen, was aber bei den angenommenen Zahlen nur zutreffen würde, wenn sich die beiden Elastizitätskoeffizienten wie $\frac{25}{1000} = \frac{1}{40}$ verhielten, statt wie thatsächlich etwa 1/10. Der Beton wird also nach dieser Berechnungsart erheblich überlastet. Andere Konstrukteure lassen die Druckspannung allein durch den Beton aufnehmen, während die Eiseneinlagen lediglich der seitlichen Ausbiegung entgegen wirken sollen.

Die Vorschriften der Düsseldorfer Baupolizei lassen für einen Beton mit 150 kg/qcm Bruchfestigkeit nach 28 Tagen Erhärtungsdauer 30 kg/qcm Beanspruchung zu und 1000 kg/qcm für das Eisen der Rundstäbe (die in der Baupolizei verwendeten Berechnungsmethoden stützen sich im wesentlichen auf die Abhandlung über die Bauweise Hennebique von Prof. W. Ritter-Zürich, in der Schweizerischen Bauztg. 1899, No. 5, 6 und 7). Der Beton allein nimmt die ganzen Druckspannungen auf. Bei zentrischer Belastung wird ausserdem ein kleinstes Trägheitsmoment, bezogen auf cm verlangt: $J = 60 . P . l^2$, worin l in m die Stützenlänge, P die Last in t bedeutet.

Bei exzentrischer Belastung sind auch die Biegungsspannungen zu berücksichtigen. Es treten dabei unter Umständen erhebliche Zugspannungen auf der gezogenen Seite im Beton auf, die aber bei der Ermittelung der Eisenstärke nicht berücksichtigt werden. Die Zugfestigkeit des Betons, d. h. diejenige Belastung, bei welcher derselbe zu reissen anfängt, wird dabei zu 40 kg/qcm angenommen. (Die Vorschriften bemerken hierzu: Die Zugfestigkeit ist mit Rücksicht darauf verhältnismässig hoch angenommen, dass nach den bisher gemachten Erfahrungen die Verbindung von Beton und Eisen einen günstigen Einfluss auf die Widerstandsfähigkeit des ersteren gegen Zug ausübt.)**)

VI. Feuersichere und feuerfeste Decken und Dächer.

(Vergl. hierzu auch Hauptabschnitt I, Maurerarbeiten, S. 128 und 135 u. ff.)

Litteratur.

Ausser den schon unter V, S. 424 erwähnten Werken:

Handbuch der Architektur, 3. Th., 2. Bd., 3 a u. b; Froelich, Massive Deckenkonstruktionen; M. Finkelstein, Armirter Beton und armirte Betonbauten, System Hennebique; A.-G. für Monierbauten, Ausgewählte Monier- und Beton-Bauwerke, 2. Aufl, 1894; Considère, Contribution à l'étude des propriétés du beton armé, Zürich 1901 (vorgelegt auf dem internat. Materialprüfungs-Kongress in Budapest 1901).

Aufsätze in Zeitschriften:

Annales des ponts et chaussées, 1900, 4. Vierteljahr, S. 121. Considère, Situation de la question du béton armé. Génie civil, Bd. XXXIV, S. 213. Considère, Influence des armatures métalliques sur les propriétés des ciments et bétons. Zeitschrift für Arch.- u. Ing.-Wesen, 1901, Spalte 134. Buschmann, Studien über Beton-Eisenkonstruktionen.

---

*) Vergl. die Berichte über den Einsturz eines Hauses in Hennebique-Konstruktion während der Ausführung in der Aeschenstrasse in Basel am 28. 8. 1901. Vergl. in der Schweiz. Bauztg. 1901 und 1902. Das Urtheil der gerichtl. Sachverständigen führte den Einsturz wesentlich auf obigen Grund zurück. Vergl. 1902, S. 211.

**) Genauere Berechnungsmethoden siehe in Christophe. Vergl. ausserdem Centralblatt der Bauverwaltg. 1902, S. 229: Grundzüge für die statische Berechnung der Beton- und Betoneisenbauten, von M. Koenen.

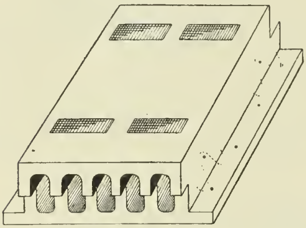
Bezüglich der Entwicklung der Theorie der Betoneisen-Konstruktionen, sowie der Versuche mit diesem Material, vergl. namentlich die Arbeiten von Melan, v. Emperger, v. Thullie, Mandl in der Zeitschr. des österr. Ing.- u. Arch.-Vereins, Jahrg. 1893/1901.

Ausserdem finden sich Aufsätze über einzelne Bauten, Decken usw. in den letzten Jahrgängen namentlich der Deutschen Bauztg., des Centralbl. der Bauverwltg., der Schweizerischen Bauztg., der Zeitschrift des österreich. Ing.- und Arch.-Vereins, der österreich. Monatsschrift für den öffentl. Baudienst, der Zeitschrift für Berg-, Hütten- und Maschinenindustrie usw.

a. Aeltere Deckenbildungen.

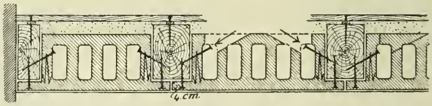
α. Hölzerne Balkendecken.

Die hölzernen Balkendecken leisten dem Angriff und der Weiterverbreitung des Feuers einerseits durch die Einschubdecke, bezw. die Staakung, andererseits durch den Deckenputz Widerstand und genügen bei zweckmässiger Ausführung dieser Konstruktionstheile in Wohnhäusern immerhin, um bei frühzeitigem Eintreffen der Feuerwehr das Feuer auf das zuerst ergriffene Geschoss zu beschränken. In Berlin wird auf die Herstellung des Rohrputzes unter der Holzdecke als Feuerschutz soviel Werth gelegt, dass Putz in der Regel auch unterhalb von sichtbaren, dekorativ ausgebildeten Holzdecken hergestellt werden muss. Die Höhe der über der Einschubdecke lagernden unverbrennlichen Materialien ist daselbst zugleich auf mindestens 13 cm festgesetzt.



Dass der Döring'sche feuersichere Patentputz in den von der Firma Kräfft zu Wolgast gelieferten Holzhäusern auch als Deckenputz

Fig. 1055 a u. b.



Verwendung findet, ist bereits auf S. 434 angeführt worden. Der Ersatz des gewöhnlichen Deckenputzes durch Rabitz- oder Monierdrahtputz wird weiter unten besprochen werden.

Balkenfachausfüllungen aus Voll-, Loch- und Schwemmsteinen erhöhen die Feuersicherheit; noch besseren Schutz für die Deckenunteransicht gewähren diejenigen aus Hohlziegeln (porösen Thonkasten nach amerikanischem Muster. Vergl. hierüber den Hauptabschnitt III, Zimmerarbeiten, S. 297—299). Aehnlich den amerikanischen Konstruktionen ist die Decke vom Arch. Philipp Esch in Frankfurt a. M., die in Süddeutschland bereits in grösserem Umfange hergestellt wird. Wie die Fig. 1055 a u. b. zeigt, werden die Balkenfache durch Hohl-Platten ausgefüllt, die aus Gips oder Zement mit Beimischung von Kohlenschlacken, Bimssand u. dergl. hergestellt werden. Die Art der Befestigung ist aus den Figuren deutlich ersichtlich.

Bedacht nimmt man hauptsächlich auf den Feuerschutz für die ganze Deckenbildung von unten, da erfahrungsmässig die nach oben strömenden Gase und Flammen gegen die Decke wirken, während sie vom Fussboden abgezogen werden, weil daselbst der vorhandene Sauerstoff schneller verzehrt wird. Aus diesem Grunde kann eine gewöhnliche Dielenlage erheblichen Widerstand gegen Feuer leisten. Da glatt gehobelte Flächen festen Holzes schwerer entflammbar als splittriges, rauhes Holz sind, so werden von der Berliner Bauordnung auch gehobelte Holzdecken in gewissen Fällen zugelassen.

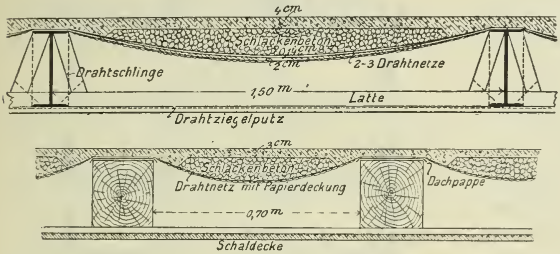
Durch die sowohl für Balken wie eiserne Träger verwendbare feuersichere und belastete Decke des Baumeisters Lilienthal ist neuerdings unter dem Namen „Terrast, armirter Estrich“ *) eine zweckmässige in manchen Fällen brauchbare Konstruktion eingeführt. Die Balkenlage wird mit einem verzinkten Draht-

*) Vergl. Dtsche. Bauztg., 1900, S. 193.

gewebe überspannt, durchhängend mit $^1/_{10}$ der Spannweite. Nachdem das Dach eingedeckt ist, bringt man die Estrichmasse aus Sand und Zement im üblichen Mischungsverhältnisse als feuchtes Pulver auf das mit Papier abgedeckte Netz. Holzbalken werden dabei mit Dachpappe abgedeckt. Jede Brettverschalung wird hierbei gespart.

Fig. 1056 zeigt eine Wohnhausdecke mit Holzbalken und einem einfachen Drahtgewebe von 20/30 mm Maschenweite, Fig. 1057 eine Lagerhausdecke auf eisernen Trägern. Hier werden je nach der Spannweite und Belastung zwei und auch drei Drahtnetze angewendet.

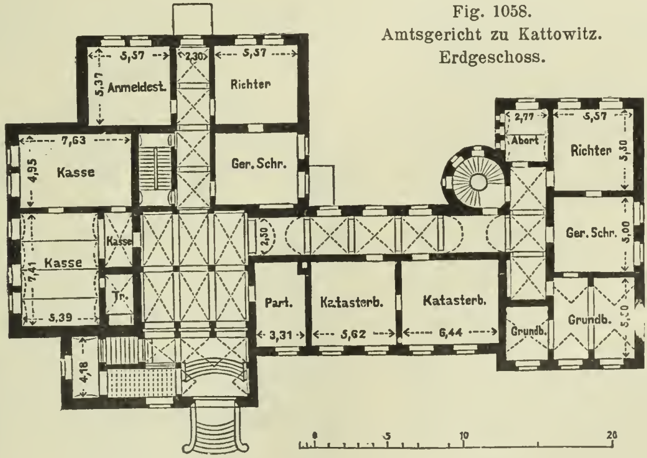
Fig. 1056 u. 1057.



β. Gewölbte Decken.

Die ältere Konstruktion des Gewölbes zwischen gemauerten Widerlagern ohne Verwendung von Eisenträgern findet wegen der grösseren Feuerfestigkeit und der günstigeren architektonischen Erscheinung zurzeit besonders in den staatlichen Bauten der preussischen Bauverwaltung wieder umfangreichere Verwendung. So ist deren Herstellung soweit irgend möglich bei Gebäuden der Klasse B der Verordnung vom 1. Nov. 1884 für die Keller, Flure, Eingangsflure, Treppenhäuser, Depositenräume usw. empfohlen (vergl. S. 422 ff.). Bei den Fluren und Treppenhäusern wird, wenn bei der Entwurfbearbeitung von vorn herein hierauf Rücksicht genommen wird, die Schaffung genügender Widerlager für die Kreuz-, Tonnengewölbe usw. nicht schwer sein. Bei tieferen Räumen bleibt, selbst wenn die Auflast der oberen Geschosse auf den Wänden zur Ver-

Fig. 1058.
Amtsgericht zu Kattowitz.
Erdgeschoss.



stärkung der Widerlager beiträgt, nur die Wahl zwischen der Theilung des Raumes durch Mittelstützen oder der Herstellung kräftiger Mauervorlagen an den Front- und Mittelwänden. Als eine Grundrissausbildung, welche die genannten verschiedenen Ausbildungen der Gewölbedecken aufweist, wird in Fig. 1058 die des Amtsgerichts-Neubaues zu Kattowitz mitgetheilt.*)

Bei Gefängnissgebäuden bieten die eng neben einander stehenden Querscheidemauern der Einzelzellen genügendes Widerlager, um selbst die 4 m breite Mittel-

*) Vergl. Centralbl. der Bauverwaltung 1890.

halle der Zellenflügel mit einem Tonnengewölbe zu überspannen, wie in Fig. 1059 (Schnitt durch das Männergefängniss des Neubaues Kattowitz) dargestellt ist.

Eine besonders eigenartige Anwendung hat das Steingewölbe mit gemauerten Widerlagern bei dem Um- und Erweiterungsbau des alten Archivgebäudes zu Hannover gefunden. Das im Jahre 1715 erbaute zweigeschossige Haus war mit ausserordentlich starken Gewölben, Tonnen mit Stichkappen, ausgeführt. Das neu aufgesetzte Geschoss, sowie der Anbau, welche im Jahre 1894 beendet sind, haben Kreuzgewölbedecken erhalten, welche behufs Ausnutzung des Mansardendaches 2,5 m tief in letzteres hineinreichen.

Die gemauerten Pfeiler, welche die Gewölbedecke tragen, setzen sich noch im Dachgeschoss fort und dienen daselbst als Auflager der eisernen Dachbinder. Die in Fig. 1060 dargestellte, der Veröffentlichung im Centralbl. d. Bauverwaltung, Jahrg. 1890 entnommene Schnittzeichnung zeigt die gewählte Anordnung in den Anbauten.

In Gewölben zwischen eisernen Trägern pflegen bei der üblichen Ausführung, wie solche in Fig. 342, 343 und 345a, Seite 128 dargestellt ist, die unteren Trägerflanschen frei zu liegen, so dass dieselben dem Angriff des Feuers unmittelbar ausgesetzt sind. Wenn wenigstens die eisernen Hauptunterzüge feuersicher ummantelt sind, so wird hierin allerdings erst bei besonders starkem und lang andauerndem Feuer eine Gefahr liegen. So haben derartige mit Kappen bei einem Brande im Industriegebäude zu Berlin, Beuth-Str. (Arch. Schwechten) einem ziemlich starken Schadenfeuer, das selbst die äusseren Theile von Mauerwerk und Sandsteinumrahmungen der Fenster zerstörte, vollständig Widerstand geleistet.

Fig. 1059. Männergefängniss in Kattowitz.

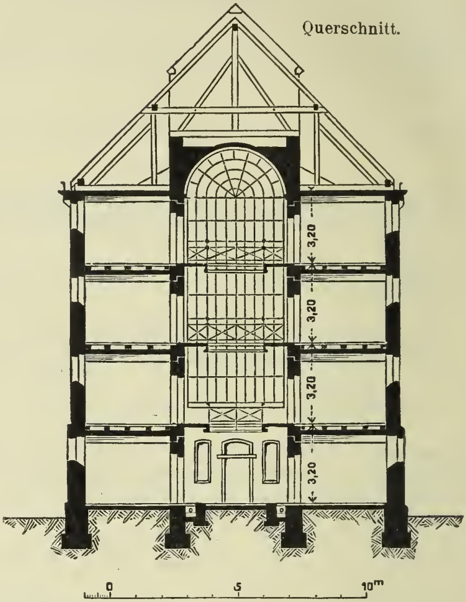
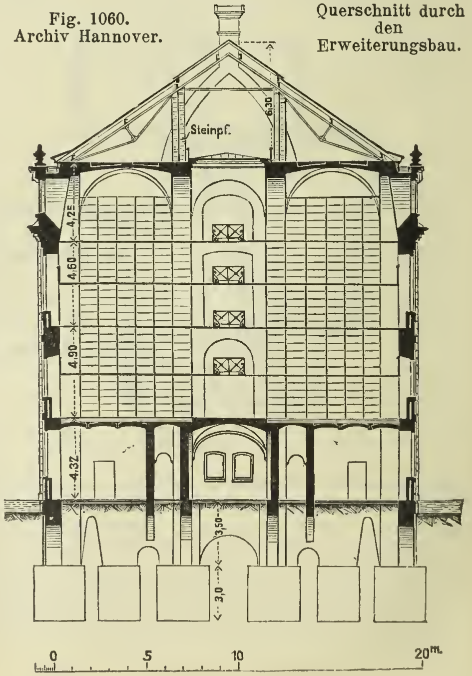


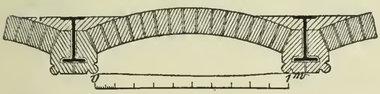
Fig. 1060. Archiv Hannover.



Wird unter den gewölbten Kappen bei enger Kappentheilung eine wagrechte Putzdecke hergestellt, so deckt diese auch die Trägerunterflanschen gegen den ersten Angriff des Feuers.

Fig. 1061 stellt Kappengewölbe dar, wie solche beim Neubau des Regierungs-Gebäudes zu Hildesheim ausgeführt sind. Hier werden auch die Unterflanschen durch besonders geformte Ziegel ummantelt. Die I Träger wurden zunächst mit den Flanschziegeln ummauert und, nachdem der Mörtel hart geworden, wurde die Wölbung dazwischen gespannt.*)

Fig. 1061.



Um die eisernen Unterzüge grösserer Deckenfelder in gleicher Weise wie die Gewölbeträger selbst dem Einfluss des Feuers zu entziehen, sind letztere auf die Unterflanschen der Unterzüge zu verlegen. Statt einer blossen Ummantelung des am Schildbogen der preussischen Kappe noch frei bleibenden Theiles des Unterzuges empfiehlt es sich, bei grösseren Spannweiten der Gewölbefelder gegen den Unterflansch des Unterzuges gerichtete besondere Kappen zu wölben, so dass anstelle der preussischen Kappen trogartige Gewölbe entstehen. Diese Anordnung ist am Erweiterungsbau der Reichsdruckerei zu Berlin mit gutem Erfolge ausgeführt worden.

b. Neuere Deckenbildungen, insbesondere Betondecken ohne und mit Eiseneinlage.

α. Allgemeines.

Auf dem Gebiete der Deckenkonstruktion vollzog sich gegen Ende des vorigen Jahrhunderts eine ungeahnte Entwicklung, hervorgerufen durch die gesteigerten Anforderungen an Tragfähigkeit, an Undurchlässigkeit der Decken gegen Wasser, Luft und Gase, Sicherung gegen Fäulniss und Hausschwamm, Verhütung der Uebertragung von Feuersbrünsten zwischen den verschiedenen Geschossen und Beseitigung des schädlichen Einflusses der Deckenkonstruktion auf die Aussenmauern bei Bränden, sowie durch die Ansprüche an möglichste Raumausnützung durch geringste Konstruktionshöhe und möglichst weite Stellung der Stützen. Diesen vielseitigen Bedürfnissen suchte die fortschreitende Technik durch neue, bezw. durch die Verbindung verschiedener sich in ihren Eigenschaften unterstützender Baustoffe, sowie durch die Erfindung zahlreicher Deckenkonstruktionen zu genügen, die zumeist durch Patente und Gebrauchsmuster geschützt wurden, und von denen jede für sich den Anspruch erhebt, den gestellten Anforderungen in vollkommenster Weise bei verhältnissmässig geringen Kosten zu genügen.

Bei der grossen Zahl dieser Lösungen, die bisher nur zumtheil eine ausreichende praktische Verwendung gefunden haben, zumtheil übrigens schon wieder dem Verschwinden nahe sind, ist es sehr schwer, die richtige Auswahl zu treffen und die Vor- und Nachtheile der verschiedenen Anordnungen gegeneinander abzuwägen. Ein abschliessendes Urtheil kann nach dieser Richtung jedenfalls noch nicht gefällt werden.

Eine besonders wichtige Stelle unter diesen neuen Deckenbildungen nehmen diejenigen ein, welche in Zementbeton mit Eiseneinlage hergestellt sind. Gemeinsam ist allen diesen Anordnungen, dass in ihnen zur Aufnahme der Druckspannungen ausschliesslich oder vorwiegend der Beton dient, die Zug- und Scheerspannungen dagegen, hinsichtlich deren der Zementbeton eine wesentlich geringere Festigkeit besitzt — erstere sind etwa zu $^1/_{10}$ bis $^1/_{12}$ der Druckfestigkeit anzunehmen — durch Eiseneinlagen aufgenommen werden, die an denjenigen Stellen eingebettet werden, welche diesen Spannungen besonders ausgesetzt sind. Der Unterschied der verschiedenen Systeme liegt lediglich in der Form und Anordnung der Eiseneinlagen und in deren Verhältniss zum Gesammtquerschnitt.

Das Zusammenwirken der beiden so verschiedenen Baustoffe in einer Konstruktion wird ermöglicht durch zwei Eigenschaften derselben, nämlich einerseits

*) Näheres vergl. im Centralbl. der Bauverwaltung 1889, No. 22

dadurch, dass Zementmörtel eine sehr bedeutende Haftfestigkeit am Eisen besitzt — Versuche von Bauschinger, die durch neuere Versuche allerdings nicht in dem Umfange bestätigt werden, haben gezeigt, dass in Zementmörtel eingebettete Eisenstangen dem Herausziehen einen Widerstand entgegensetzten, der sich auf 40 bis 45 kg/qcm der Eisenoberfläche stellt — und dass die Ausdehnungskoeffizienten der beiden Baustoffe für Temperaturerhöhungen nahezu gleich sind, sodass also bei Temperaturschwankungen keine schädlichen, auf eine Trennung der beiden Baustoffe wirkende Spannungen entstehen können. Es kommt hinzu, dass der Zementmörtel nach den bisherigen Erfahrungen das eingebettete Eisen in vollkommener Weise gegen Rost schützt.

Durch die Verbindung der beiden Materialien entsteht aber ein Baustoff von ganz neuen Eigenschaften, in welchem die beiden Materialien sich gegenseitig ergänzen und unterstützen. Hierüber haben namentlich die Versuche des französischen Ingenieurs Considère wichtige Aufschlüsse gegeben.*) Derselbe hat durch Biegungsversuche an Betonstäben von 0,60 m Länge bei 6 zu 6 cm Querschnitt, mit Einlage von 3 Rundeisenstäben von je 4,75 mm Durchmesser an der gezogenen Seite, festgestellt, dass diese Stäbe, ohne eine Spur von Rissen zu zeigen, Dehnungen bis 2 mm auf 1 m aushielten. Aus der gezogenen Seite herausgeschnittene Betonstäbchen ergaben nach 139000 facher Wiederholung dieser Belastung noch fast dieselbe Zugfestigkeit wie der ursprüngliche Beton. Im Beton ohne Eiseneinlage entspricht eine Dehnung von nur $^1/_{10}$ mm bereits einer Zugspannung von 7 kg/qcm (entspricht etwa einer 3 fachen Sicherheit bei gutem Beton). Der mit Eisen verstärkte Beton leistete also das 20 fache. Neuere Versuche haben nach Mittheilungen, die Considère dem internationalen Materialprüfungs-Kongress in Budapest 1901 vorlegte, die ja auch durch die praktische Erfahrung erwiesene gegenseitige Unterstützung der beiden Baustoffe bestätigt.**)

Nicht gleichen Schritt mit der Entwicklung der Konstruktion und den praktischen Versuchen hat die Ausbildung der Theorie gehalten. Es ist das ein Grund, weswegen die Betoneisen-Konstruktionen von vielen Seiten noch mit sehr skeptischen Blicken betrachtet und verschiedene ihrer Formen, bei welchen die theoretischen Schwierigkeiten besonders hervortreten, von den Aufsichtsbehörden, wenigstens in Deutschland, vielfach nicht geduldet werden.

Gemeinsam ist den neueren Theorien die Anschauung, dass die Betonkörper mit Eiseneinlage denselben Gesetzen folgen, wie die einfachen elastischen Körper. Auf die Antheilnahme der beiden Materialien an den inneren Spannungen ist dabei das Verhältniss ihrer Elastizitäts-Koeffizienten von entscheidendem Einfluss. Bei Bemessung der Querschnitte werden dabei die vom Beton thatsächlich aufgenommenen Zugspannungen gewöhnlich vernachlässigt, sodass also das Eisen so stark gemacht wird, dass es allein die ganzen Zugspannungen aufnehmen kann. Im übrigen sei verwiesen auf die vortreffliche Uebersicht, welche Cristophe in seinem werthvollen Werke: „Le béton armé et ses applications“ über die verschiedenen in Gebrauch stehenden Theorien giebt.***) Es seien hier nur noch einige Zahlen angeführt, die von Wichtigkeit sind, um ein Bild von der zulässigen Beanspruchung der Betoneisen-Konstruktionen zu geben. Diese Zahlen sind selbstverständlich nur für eine überschlägliche Rechnung bei einem allgemeinen Entwurf geeignet. Für den bestimmten Fall werden sie stets sorgfältig, gegebenenfalls durch ausgedehnte Proben, auf ihre Zuverlässigkeit zu prüfen sein, da die Festigkeit des Betons nicht nur von seinem Mischungsverhältniss, sondern sehr wesentlich auch von der Art der Zuschläge zum Zement, so wie schliesslich auch von der Art der Herstellung und anderen Umständen abhängig ist.

Die Druckfestigkeit eines Betons im Mischungsverhältniss von einem Theil Zement auf fünf Theile Sand und Kies bezw. Steinschlag (die unterste Grenze, die bei Betoneisen-Konstruktionen im allgemeinen vorzukommen pflegt) kann nach 28tägiger Erhärtung auf 150 kg/qcm angenommen werden. Es treten jedoch

*) Vergl. die bereits angezogenen Veröffentlichungen Considères und Centralblatt der Bauverwaltung 1900, S. 83 u. 94.

**) Considère. Contribution à l'étude des propriétés de béton armé. Zürich 1901. Uebersetzung in der Thonindustrie-Ztg. 1902.

***) Vergl. ausserdem die Entwicklungen von M. Koenen im Centralbl. der Bauverw., 1901, S. 229.

schon etwa bei $^1/_3$ dieser Belastung dauernde Formänderungen ein, sodass man also nicht an diese Grenze herangehen dürfte.

Die Versuche des zweiten Gewölbeausschusses des österreichischen Ing.- und Arch.-Vereins*) haben aber ergeben, dass sich die Bruchfestigkeit des mit Eiseneinlage versehenen Betons nicht unwesentlich höher stellt, sodass Belastungen des Betons der vorbeschriebenen Beschaffenheit bis 40 kg/qcm jedenfalls zulässig sein würden. (Die Pressungen gehen in ausgeführten Konstruktionen ohne Schaden für deren Bestand zumtheil nicht unerheblich höher.) Für die reine Zugfestigkeit des Betons ergiebt sich nur $^1/_{10}$—$^1/_{12}$ der Bruchlast bei Druck also bei der genannten Mischung 15—12 kg/qcm. Die Scheerfestigkeit hält sich etwa auf gleicher Höhe und wird theils etwas höher, theils niedriger angenommen. Nothwendig ist ferner die Kenntniss des Verhältnisses des Elastizitätsmodulus des Betons zu demjenigen des Eisens. Die grundlegenden Bach'schen Versuche**) über die Elastizität des Zementmörtels und Betons geben hierüber entsprechenden Aufschluss. Als Mittelwerth kann etwa der Elastizitätsmodulus des Betons zu 200 000, also gleich $^1/_{10}$ desjenigen des Eisens angenommen werden.

Bezüglich der Eiseneinlagen wird meist eine Zugspannung von 1000 kg/qcm zugelassen. Abgesehen von den Systemen, die vollständige Träger grösseren Querschnitts einlegen (z. B. Melan, allerdings hauptsächlich bei Brückenbauten), bewegt sich der Querschnitt der Eiseneinlage meist in den Grenzen von 0,5—1 % des Gesammtquerschnitts. Die amerikanischen Bauten zeigen allerdings meist ein wesentlich höheres Verhältniss, da man dort schon während der Ausführung eine gewisse Tragfähigkeit vom Eisen verlangt. Abgesehen von der unwirthschaftlichen Ausnutzung des Eisenquerschnitts ist eine zu starke Eiseneinlage unter Umständen sogar ungünstig für die im Beton selbst entstehenden Spannungen. Besonders hängt aber die Tragfähigkeit der Konstruktion ab von der richtigen Lage und Anordnung der Eiseneinlagen.

Je nach der Beanspruchung der betreffenden Bautheile wird die Lage des Eisens eine andere sein müssen. Bei vorwiegend lothrecht belasteten Wänden und Stützen ist sie symmetrisch zur Schweraxe anzuordnen, bei Decken und Deckenträgern, falls diese frei aufliegen, vorwiegend in der Nähe der unteren Kante, bei beiderseitiger Einspannung in der Nähe der Auflager auch oben, bei Gewölben meist längs beider Laibungen. Bei einigen Systemen (z. B. bei Hennebique) treten zu diesen längs der Ober- bezw. Unterfläche liegenden Eiseneinlagen noch Verbindungen in der lothrechten Ebene zur Aufnahme der Scheerspannungen. Die Systeme unterscheiden sich ferner dadurch, dass bei dem einen die Eiseneinlagen ohne Verbindung nach der Querrichtung ausgeführt werden, während sie bei anderen zur Aufnahme der zwischen den einzelnen Querschnitten entstehenden Scheerspannungen auch nach der Querrichtung durch Stäbe verbunden werden (wie z. B. bei dem Monier-System, am vollkommensten durch die Einlage ganzer Netze, z. B. bei Anwendung des Streckmetalls).

Das Gewicht des mit Eisen verstärkten Betons ist überschläglich zu 2500 kg/cbm bei der Mehrzahl der infrage kommenden Systeme anzunehmen.

Die Vorzüge dieser Konstruktionen liegen in ihrer, durch die Thatsachen erwiesenen ausserordentlichen Tragfähigkeit bei sachgemässer, sorgfältiger Anordnung und Ausführung, ihrer Widerstandsfähigkeit gegen selbst heftige Erschütterungen***), ihrer Feuersicherheit gegenüber den ungeschützten Eisenkonstruktionen, Raumersparniss gegenüber der Bauweise in Stein, in ihrer verhältnissmässig einfachen und raschen Herstellung, der Leichtigkeit, mit der sie sich jeder Form anpassen, ihrer verhältnissmässigen Billigkeit und ihren hygienischen Vorzügen, denen allerdings auch in der Natur des Betons liegende hygienische Nachtheile gegenüber stehen.

---

*) Vergl. Zeitschr. des österreich. Ing.- und Arch.-Vereins 1895, No. 10—34. Auch als Sonderabdruck erschienen.

**) Vergl. Zeitschrift des Vereins deutsch. Ing., 1895, S. 489; 1896, S. 1381; 1897, S. 241 und Bach, Elastizität und Festigkeit, IV. Aufl., 1902.

***) Ein eklatantes Beispiel ist die Explosion in den Fabrikräumen der Adler-Fahrradwerke in Frankfurt a. M. am 10. Oktober 1900 (System Hennebique).

Als Nachtheil wird vor allem die Unsicherheit in der statischen Berechnung angeführt, die es nicht ermöglicht, die in den Konstruktionen auftretenden Spannungen mit voller Sicherheit zu bestimmen. Nach dem heutigen Stande der Wissenschaft jedoch, die sich aufbaut auf sehr sorgfältigen Untersuchungen des Baustoffs und seiner Eigenschaften, ist dieser Grund allein nicht mehr ausschlaggebend und zutreffend. Zudem kann man sich durch entsprechende Sicherheitsgrade gegen Fehler der Berechnung in angemessener Weise schützen.

Schwerwiegender ist der Umstand, dass die Ueberwachung der richtigen und sachgemässen Ausführung grosse Schwierigkeiten bietet, da von der Güte und sorgfältigen Aussuchung des Materials, von der richtigen Mischung des Betons, von der genauen Einlage der Eisentheile an der richtigen Stelle die Tragfähigkeit des fertigen Bauwerkes in hohem Maasse abhängig ist, jedenfalls bei weitem mehr, als bei irgend einer anderen Bauweise.

Dieser Umstand ist es, der bisher, namentlich in Deutschland einer so ausgedehnten Verwendung des Betoneisen-Baues, wie er namentlich in Frankreich und der Schweiz, ausserdem in etwas anderen Formen in England und Amerika Platz gegriffen hat, im Wege stand. Er hat dazu geführt, dass seitens der Baupolizei-Verwaltungen die Genehmigung zur Ausführung bestimmter Konstruktionen für festgesetzte Spannweiten nur einem bestimmten, als zuverlässig anerkannten Unternehmer ertheilt wird, dass ferner bei allen neuen Konstruktionen neben dem Nachweis der praktischen Verwendbarkeit und der Tragfähigkeit durch statische Berechnungen auch eingehende Probebelastungen verlangt werden, die in Berlin durch die mechanisch-technische Versuchsanstalt in Charlottenburg ausgeführt werden. Die Decken mit Eiseneinlagen müssen dabei das 10fache der Nutzlast zuzüglich des Eigengewichtes tragen können, ohne erhebliche Formänderungen zu erleiden. Bei der statischen Berechnung darf nach den Vorschriften des Berliner Polizei-Präsidiums (gilt auch an anderen Stellen) auf die Zugfestigkeit des Mörtels nicht gerechnet werden. Für die Druckfestigkeit des Betons werden die Grenzen von 150—220 kg/qcm angenommen. Die wirkliche Festigkeit ist durch Versuche nachzuweisen. Die Bruchfestigkeit des Eisens wird mit 3800 kg/qcm eingeführt, doch kann eine höhere Grenze zugelassen werden, bei entsprechendem Nachweis durch Prüfungszeugnisse, so bis 6000 kg/qcm für drahtförmiges Rundeisen.

Da von dem innigen Zusammenhange des Betons und des Eisens die Festigkeit der Konstruktion in erster Linie abhängt, so ist für sorgfältigste Einbettung der Eisentheile Sorge zu tragen (namentlich auch in den Steindecken mit Eiseneinlage). Bei der Beanspruchung darf dabei keinesfalls die Grenze erreicht werden, bei welcher eine Trennung der beiden Baustoffe eintreten kann oder die Bildung starker Risse erfolgt, um so mehr, als auf der sicheren Umhüllung des Eisens auch der Schutz desselben gegen Rosten beruht. Es sind ferner solche Stoffe aus dem Beton und aus der Deckenüberschüttung auszuschliessen, die von schädlichem Einflusse auf das Eisen sind. Es gilt dies namentlich von schwefelhaltigen Stoffen, deshalb ist der Schlackenbeton (der in Amerika sich übrigens der weitesten Verbreitung erfreut) mit Vorsicht zu verwenden.

Als Vorzug der neueren Decken wird häufig auch erfolgreiche Wirkung hinsichtlich der Schalldämpfung angeführt, indess spricht die Erfahrung dagegen, denn die Hellhörigkeit des Hauses wird weder durch irgend eine Art massiver Decken oder eine Holzbalkendecke mit vollem Windelboden, noch überhaupt durch irgend eine schallsichere Deckenanordnung beseitigt. Die Fortpflanzung des Schalles erfolgt hauptsächlich durch die Wände und gegen diesen Uebelstand ist unseres Wissens bisher ein sicheres Mittel noch nicht bekannt geworden. Ferner gilt als bekannter feststehender Grundsatz, dass die Leitungsfähigkeit für die Fortpflanzung von Schallwellen von der Dichte des infrage kommenden Stoffes abhängig ist. Es wird also Eisen, das unter den Baustoffen die grösste Dichtigkeit besitzt, die Schallwellen stärker fortpflanzen als Holz.

Die massiven Deckenausführungen weisen je nach Art der dazu verwandten Baustoffe fast durchweg eine mehr oder weniger starke Schallübertragung auf. Das Einbringen von sonst an sich schalldämpfend wirkenden Baustoffen, wie Korksteinplatten, Eisenfilz und dergleichen in die massive Decke führt zu keinem ersichtlichen Erfolge, diese Stoffe können nicht schallabschliessend wirken, wenn

sie zwischen stark leitenden Stein- und Eisenkörpern fest eingebettet werden. Dagegen sind bei selbständigen Decken, die nur aus Korksteinen oder Schwemmsteinen bestehen, Erfolge erzielt. Ein Hauptmittel beruht darauf, dass man die Decke im engeren Sinne von der Balkenlage völlig absondert.*)

Nachstehend seien einige Deckenanordnungen im einzelnen besprochen, die sich einer weiteren Verbreitung erfreuen, bezw. besonderes Interesse bieten. Von einer systematischen Eintheilung nach dem Wesen der Konstruktion ist dabei abgesehen worden, dieselbe ist vielmehr nach gewissen äusseren Merkmalen erfolgt.

β. Wellblechdecken und ähnliche Decken mit Einschub aus Eisen.

Als ein wesentliches Erforderniss der Feuersicherheit dieser Decken ist die Ausfüllung der Wellen mit Beton und die Herstellung einer durchgehenden Betonlage von mindestens 5 cm Stärke darüber anzusehen. Selbstverständlich wird man

Fig. 1062 a und b.



Fig. 1063 a.

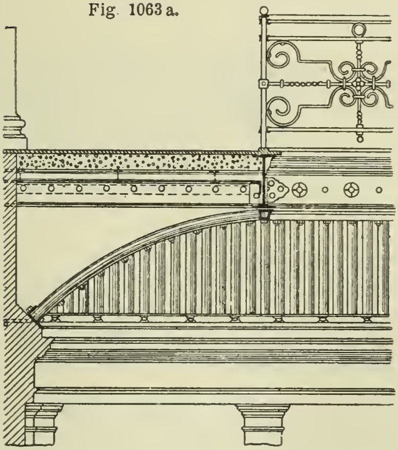


Fig. 1063 b.

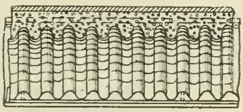
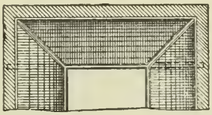


Fig. 1063 c.



das Wellblech sowohl bei Verwendung von geraden Tafeln, als auch von durchgebogenen (bombirten) Tafeln auf die Unterflanschen der Träger legen müssen. Immerhin bleibt die Unterseite der aus unverkleidetem Metall bestehenden Decke, welche durch die wellenartigen Vorsprünge der Stichflamme noch eine grössere Fläche zur Erwärmung darbietet, dem unmittelbaren Angriff des Feuers ausgesetzt und es wird die Zerstörung der Decke bereits mit der durch die Hitze erzeugten Ausdehnung der einzelnen Eisenkonstruktionen beginnen. Es wird sich daher empfehlen, Wellblechdecken nur in Gebäuden zu verwenden, in denen eine unverbrennbare Decke zwar erwünscht ist, die Entstehung eines stärkeren Schadenfeuers jedoch durch die Art der Benutzung ausgeschlossen wird. Ein Beispiel einer grösseren derartigen Anwendung sind die Decken in den Ausstellungssälen des Museums für Völkerkunde zu Berlin.**) Späterhin sind bombirte Wellblechdecken am Bau der Darmstädter Bank zu Berlin von den Architekten Ende & Böckmann gleichfalls in ausgedehnter Weise angewendet worden.

*) Panzer, Ueber Schalldämpfung, Deutsche Bauhütte 1901, No. 10, ferner Handbuch der Architektur.

**) Zeitschr. für Bauwes. 1886.

Gebogene Bleche haben höhere Tragfähigkeit als gerade, üben aber auch einigen Schub gegen die Widerlager aus. Nicht ausseracht ist es zu lassen, dass bei eingestampften Decken (sofern sorgfältige Behandlung eintritt) die Rippen, welche zwischen den Wellen sich bilden, eine ganz bedeutende Verstärkung schaffen. Bei Einklemmen solcher Bleche zwischen Trägern (oder Mauern), wie in Fig. 1062a u. b, erstere für Holz, letztere für sogen. Terrazzo-Belag bestimmt, müssen in allen Fällen Anschluss-⊏ Eisen als Auflager angewendet werden, um ein genügendes Widerlager vorzubereiten.

Fig. 1063 zeigt die Anwendung von solchen Blechdecken zur Herstellung eines Spiegelgewölbes und zwar mit offenem Spiegel, wobei jedoch nur die den oberen Umfang bildende flache Decke Ausguss, bezw. Ausstampfung erhalten hat.

Dass solche Decken mit unterer, frei liegender Eisenhaut auch wenn sie überschüttet sind, leicht Anlass zum Beschlagen und Abtropfen geben, darf nicht übersehen werden. Anstrich mit Wachs-Leinölfirniss und Ueberstäubung mit Korkmehl, welchem ein nochmaliger Anstrich folgen kann, wird auch hier oft das zweckdienlichste Mittel sein, diesem Uebelstand zu begegnen.

γ. Betondecken.

Betondecken sind nicht nur sehr feuersicher, besonders wenn die Unterflanschen der Eisenkonstruktionen in genügender Stärke mit umhüllt werden, sie haben auch noch den Vorzug, bei guter Ausführung auch gegen Wasser undurch-

Fig. 1064 a u. b.

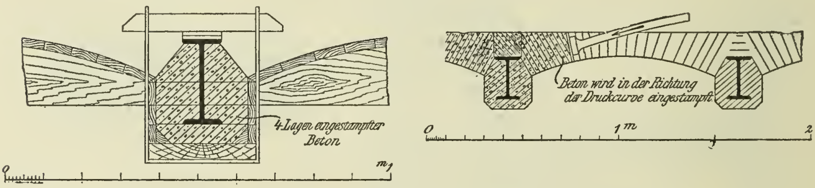
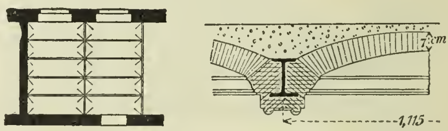


Fig. 1065 a u. b.



lässig zu sein, somit bei einem Brande in den oberen Geschossen die unteren Geschosse auch gegen das zur Löschung benutzte Wasser zu schützen. Voraussetzung der Güte einer guten Betondecke ist jedoch gutes Material, zweckmässiges Mischungsverhältniss des Betons und eine sachgemässe Ausführung unter beständiger technischer Aufsicht.

Bei der Wiederherstellung des abgebrannten Lagerhauses in der Kaiserstrasse zu Berlin, dessen Betondecken in bester Technik in nachahmenswerther Weise hergestellt sind, wurde 1 Th. Zement mit 4,25 Th. Kies und 3,55 Th. Steinstücken vermischt. Das Mischen erfolgte zunächst trocken durch mehrmaliges Umschaufeln auf hölzernen Bühnen; indess wurde Wasser erst beim Mengen mit dem Kleinschlag zugesetzt. Das Einstampfen des Betons wurde lagenweise und so vorgenommen, dass die Fugen zwischen den einzelnen Lagen senkrecht zur Drucklinie des Gewölbes liegen. Fig. 1064a und b erläutern die hiernach gewählte Ausführung der Betongewölbe des genannten Lagerhauses. Die Ummantelung der I Träger wurde zunächst in Kästen in vier Lagen eingestampft; dann wurden die Kappen eingeschalt und betonirt. Die Gewölbe wurden nach sieben Tagen ausgerüstet und ertrugen nach $2^1/_4$ Monaten bei 12^{cm} Scheitelstärke Probebelastungen von 20000^{kg} für 1^{qm} unversehrt. Vor allem hat kein Abblättern des Betons neben den Stegen der I Träger stattgefunden, so das anzunehmen ist, die Last der Kappen werde unmittelbar auf die Stege der I Träger übertragen. Dagegen wurde bei Versuchen mit flachen Betonplatten ausser dem Bruch derselben ein Abwärtsbiegen der unteren Stege beobachtet, woraus ersichtlich ist, dass letztere auf Abscheeren und Biegung beansprucht wurden.

Aehnliche Betongewölbe sind für die Decken des Gerichtsgebäudes in Frankfurt a. M. ausgeführt. Fig. 1065a und b stellen die Decken im Grundriss und Schnitt dar. Die 1,115 m weit gespannten Gewölbe sind trogförmig (entsprechend den S. 451 erwähnten gemauerten Gewölben) hergestellt. Bei der geringeren Beanspruchung wurden sie im Scheitel nur 7 cm und am Widerlager 10 cm stark ausgeführt. Als Mischungsverhältniss wurde verwendet 8 Theile Kiessand, 1 Theil Zement, 1/4 Theil Kalk. Probebelastungen mit 3000 kg, also mit dem sechsfachen der beweglichen Belastung, sind günstig ausgefallen.

Umfangreiche Verwendung haben flache Betondecken zwischen Eisenträgern beim Neubau des Gewandhauses in Leipzig gefunden.*) Ausnahmsweise ist hier der Fussboden auf Lagerhölzern verlegt, die auf dem Beton gestreckt sind. Empfehlenswerther ist es, Stabfussboden in Asphalt unmittelbar auf die Betonplatte zu verlegen und die Trägertheilung bei flachen Betondecken möglichst eng zu bemessen. Die Decke wird infolge der geringeren Trägerhöhe leichter. Die grösseren, etwa zu befürchtenden Durchbiegungen der Decke treten nicht ein, weil, wie vorstehend dargelegt, Eisen und Zementbeton gut an einander haften und der Beton im Querschnitt mittragend wirkt. Die Deckenform geht dann schliesslich in eine Betoneisen-Konstruktion über.

δ. Betoneisen-Decken.

1. Monierdecken. Die Monierbauweise ist als die Grundform aller Betoneisen-Konstruktionen anzusehen, in welchen die Zugkräfte durch eine Eiseneinlage aufgenommen werden. Diese besteht bei der Monierbauweise aus einem Netz sich rechtwinklig kreuzender Drähte, bezw. bei schwereren Belastungen Rundstäbe, die bei den früheren Ausführungen an den Kreuzungspunkten durch Drähte verbunden wurden, was jetzt häufig unterlassen wird, da dies ohne sonstige Vortheile die sichere Einbettung des Eisens im Beton erschwerte. Die stärkeren Stäbe liegen in den Querschnitten, senkrecht zu den Auflagern und zunächst der gezogenen Aussenfläche des betr. Bautheiles. Sie nehmen vorwiegend die Zugspannungen auf, während die schwächeren Querstäbe den Scheerspannungen zwischen den einzelnen Querschnitten Widerstand zu leisten haben. Die Vorzüge dieser Bauweise sind geringe Stärke und dadurch zugleich bedingte geringe Eigenlast, Feuersicherheit und Undurchlässigkeit gegen Wasser.

Als Begründer der Moniertechnik ist der französische Gärtnereibesitzer Monier anzusehen, welcher die ersten praktischen Anwendungen zu Blumenkübeln machte, dann Wasserbehälter usw. nach dieser neuen Bauweise fertigte. Später erst fand diese ihren Weg in das Hochbauwesen und es hat der Ingenieur Wayss, welcher die Ausbeutung des Patentes für Deutschland und die Nachbarländer übernahm, das Verdienst, die Bauweise für die verschiedensten Zwecke der Baukunst weiterzubilden. Später ist Reg.-Bmstr. (jetzt Baurath) Koenen an seine Stelle getreten. Derselbe hat durch seine Untersuchungen über die Widerstandsfähigkeit der Konstruktion in ihren verschiedenen Anwendungen als Wand, Decke, Dach usw. die Weiterverbreitung derselben hervorragend gefördert.

Für das Hochbauwesen kommen hauptsächlich die Monier-Platte und das Monier-Gewölbe in Anwendung. Erstere kann als fertige Platte verlegt, oder wie dies gewöhnlich geschieht, an Ort und Stelle in ganzer Fläche hergestellt werden.

Moniergewölbe sind für die Herstellung von Decken einmal unter Annahme einer gleichmässig vertheilten Belastung, das andere mal für einseitige Belastung zu berechnen. Für den ersteren Fall wird der flache Kreisbogen der Drucklinie des Gewölbes, der Parabel, sehr nahe kommen und hiernach die Gewölbestärke im Scheitel nur auf Druckbeanspruchung zu berechnen sein. Bei einseitiger Belastung ergeben sich am gefährlichen Querschnitt, der etwa 1/4 der Spannweite vom Auflager entfernt liegt, Biegungsspannungen. Um die hieraus entstehenden grösseren Spannungen im Monierbogen zu ermässigen, wird in den meisten Fällen eine Uebermauerung des Bogens nöthig, welche ebenfalls in Beton ausgeführt

*) Vergl. hierüber den Bericht des Regier.-Baumeisters Goldschmidt im Centralblatt der Bauverwaltung 1886, No. 5.

wird, bei dessen Mischung gröbere Einlagen benutzt zu werden pflegen. Es empfiehlt sich, diese Ueberbetonirung zugleich zur Ummantelung des I Trägers zu benutzen. Wird über dem Betongewölbe massiver Fussboden hergestellt, so kann man die Ueberbetonirung bis zur wagrechten Gleiche herstellen und alsdann unmittelbar hierauf den Fussbodenestrich verlegen.

Probeversuche sowohl wie die Ausführungen haben sehr günstige Ergebnisse geliefert. Bei einer vergleichenden Feuerprobe, welche 1886 zu Nippes am Rhein angestellt wurde, ergab sich die grosse Ueberlegenheit der Monierdecke gegenüber der Wellblechdecke. Die erste praktische Feuerprobe haben Monier-Ausführungen im Dezember 1889 beim Brande des Spritlagerspeichers der Kornbrennerei in Wandsbeck bestanden. Die flach über den nicht ummantelten I Trägern liegenden Monierplatten haben dem Dachstuhlbrande im westlichen Speicher nach dem Zeugniss des Stadtbaumeisters Kühn vorzüglichen Widerstand geleistet und den Speicher gerettet. Im östlichen Speicher wurde das Feuer mittels einer Fahrstuhlöffnung von unten an die Monierplatten geführt. Diese wurden erst zerstört, nachdem die sie tragenden I Träger glühend geworden waren.

Fig. 1066.

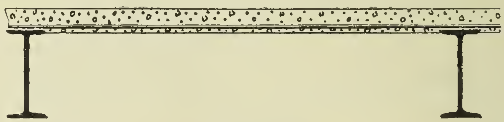
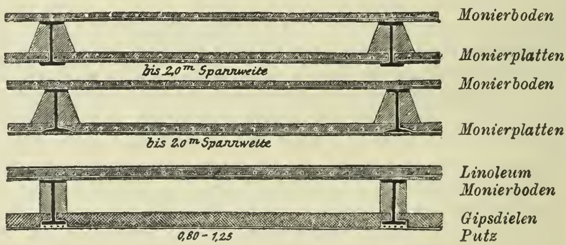


Fig. 1067.



Fig. 1068—1070.



Monierplatten können, wie dies in dem genannten Spritlager-Speicher geschehen ist, als einfache Fussbodenlage über I Trägern verlegt werden. Die so hergestellte Decke (Fig. 1066 stellt einen derartigen Fussboden der Papierfabrik Penig dar) wird gegen den Angriff des Feuers von oben sicher sein, auch Wasser nicht durchlassen, bei der fehlenden Ummantelung der I-Träger jedoch einem von unten angreifenden Feuer nicht dauernd Stand halten können. Allerdings hat dieselbe den Vorzug grosser Leichtigkeit und Billigkeit.

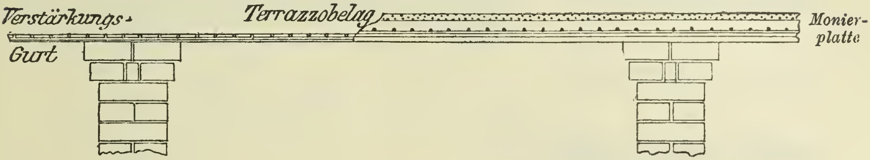
Fig. 1067 stellt eine gerade Monierdecke dar, wie solche für grosstädtische Geschäftshäuser sich empfiehlt und im Neubau May & Edlich zu Berlin (Arch. Bohm) ausgeführt ist. Die Platten sind auf die Trägerunterflanschen gelegt und nach abwärts so abgebogen, dass auch dieser Flansch zunächst mit einer dünneren Lage Zementmörtel, nachher mit dem Deckputz überzogen wird. Die Ausfüllung zwischen der Monierplatte und der in Asphalt verlegten Dielung ist durch leichten Beton (mit porösen Steinstücken oder Schlacken) hergestellt. Die Decke ist allerdings nur wenig leichter, als eine blosse Betondecke. Doch können die I Träger immerhin bei gleicher Höhe etwas weiter aus einander gelegt werden. Jedenfalls ist die Decke sehr feuersicher und tragfähig. In den Fig. 1068 bis 1070 sind einige weitere Ausbildungen der ebenen Monierdecke dargestellt.

Fig. 1071a u. b stellen eine sehr eigenartige Verwendung von Monierplatten als Fussboden in den Baracken des Kinder-Krankenhauses der königlichen Charité zu Berlin dar. Hier war eine Fussbodenheizung, und zwar unterhalb des Fuss-

bodens eine grosse Heizkammer mit eingelegter Dampfheizung vorgesehen, und handelte es sich darum, einen wärmedurchlässigen, und deshalb sehr dünnen, jedoch im übrigen undurchlässigen massiven Fussboden herzustellen. Es wurde eine grosse, zusammenhängende Monierplatte auf einzelnen gemauerten Pfeilern verlegt. An die Stelle der Trägerunterstützung wurden die von Pfeiler zu Pfeiler spannenden Theile der Decke durch einen untergelegten, gleichfalls als Monierplatte konstruirten Gurt verstärkt.

Moniergewölbe eignen sich besonders für Geschäftshäuser, Lagergebäude und Fabriken, wenn die Deckenträger in grösseren Entfernungen verlegt werden sollen, oder besonders starke Lasten auf den Decken lagern. Ein Beispiel der ersteren Art sind die in Fig. 1072 u. 1073 im Grundriss und Schnitt dargestellten Decken des Geschäftshauses „Zum Hausvoigt“ in Berlin (Arch. Otto March). Die Moniergewölbe von Spannweiten bis zu 5,7 m wiegen bei einer Scheitelstärke von 5 cm 436 kg und mit beweglicher Belastung 1000 kg für 1 qm. Die Beanspruchung

Fig. 1071. Monierfussboden im Kinderkrankenhaus der Charité zu Berlin.



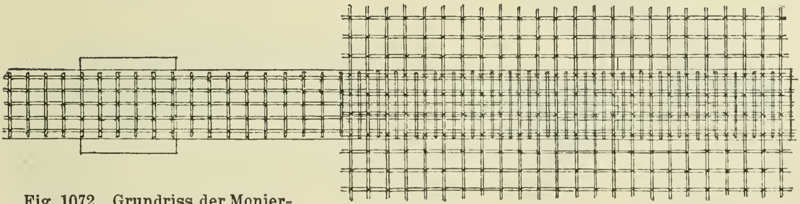


Fig. 1072. Grundriss der Moniergewölbe im „Hausvoigt“.

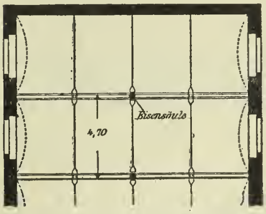
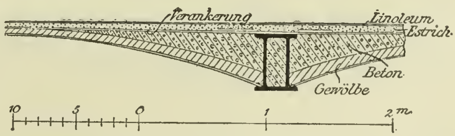


Fig. 1073. Moniergewölbe im „Hausvoigt“.



des Betons beträgt rechnungsmässig nicht über 13 kg für 1 qcm; es ist somit die Tragfähigkeit des Materials nicht ausgenutzt. Interessant ist die Ausführung hinsichtlich der Verankerung der Widerlager. Die Monierkappe übt, wie jeder elastische Bogen, Seitenschub aus. Dass derselbe infolge der geringen Eigenlast der Kappe bei voller Belastung geringer ist, als bei einem starken Ziegelgewölbe, ist ja günstig. Ungünstig wirkt dieser Umstand nur dann, wenn die eine Kappe voll, die benachbarte nicht belastet ist, da die unbelastete Monierkappe einen geringeren Gegendruck ausübt und nicht steif genug ist, um den Seitenschub auf die Endwiderlager zu übertrageu. Die das Gewölbe tragenden I Träger können daher sämmtlich auf Seitenschub inanspruch genommen werden. Im „Hausvoigt“-Gebäude sind, um die Träger gegen diesen Seitenschub widerstandsfähig zu machen, zwei Träger dicht neben einander gelegt; der Zwischenraum ist mit Zement ausgegossen, und es sind durchgehende Ankerzüge längs des Gebäudes verlegt, welche mit jedem Gewölbeträger verbunden sind. (Vergl. den Grundriss Fig. 1072.) Diese Anordnung, welche bei dem Kostenpunkt immerhin mitspricht,

hat sich sehr gut bewährt. Bei der Probebelastung mit der $1^1/_2$ fachen beweglichen Last haben sich die unbelasteten Kappen nur um $1{,}5^{mm}$ nach oben gehoben und sind nach Entlastung wieder in die alte Lage zurückgegangen. Bemerkenswerth an der Ausführung ist noch, dass bei der grossen Spannweite der Kappen Unterzüge für das Auflager der Kappenträger nicht erforderlich waren, so dass die Gewölbe von Frontwand zu Frontwand in einer Fläche durchreichen.

Der Vorzug der Monierkappe: dass trotz grosser beweglicher Belastung nur eine geringe Konstruktionshöhe erforderlich ist, hat sich recht augenscheinlich bei dem Neubau des Lagerhauses Ravené in Berlin (Arch. Ende und Böckmann) erwiesen. Bei einer beweglichen Belastung des gelagerten Eisens von 2750^{kg} und einer Gesammtlast von rund 3000^{kg} für 1^{qm} Decke ergaben sich für die Monierkappen von 2^{m} Spannweite nur 5^{cm} Scheitelstärke, bei $3{,}5^{m}$ Spannweite

Fig. 1074. Moniergewölbe Lagerhaus Ravené.

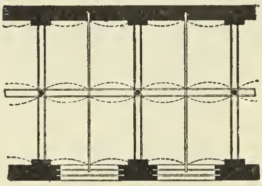


Fig. 1075.

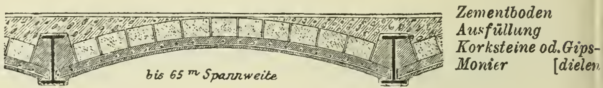


Fig. 1077.

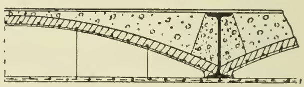


Fig. 1076.

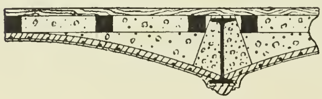


Fig. 1078.

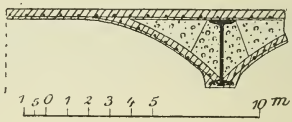
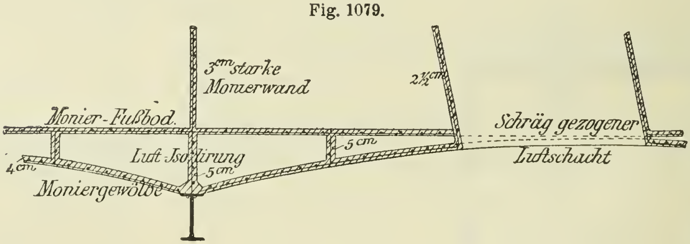


Fig. 1079.



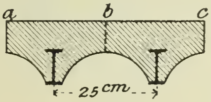
7^{cm} Scheitelstärke, und in max. nur $19{,}5^{kg}$ Druckspannung des Betons. Die Längsverankerung wird hier, wie aus der Grundrisskizze, Fig. 1074, ersichtlich, durch die Unterzüge hergestellt. —

Weitere Ausführungen von Moniergewölben, auf welche näher einzugehen zu weit führen würde, sind Isolirgewölbe der Brauerei Königstadt von $6{,}3^{m}$ Spannweite mit Korkstein-Abdeckung und Sägespan-Ueberfüllung; ein ähnliches Beispiel zeigt Fig. 1075, Gewölbe in Tuchfabriken zu Spremberg, Bielitz, der Glasfabrik Stralau, der Waffenfabrik in Steyr u. a. Fig. 1076—1079 stellen noch verschiedene Anordnungen von Moniergewölben dar. Die Fussbodenlagerhölzer nach Fig. 1076 ruhen auf leichtem Koksbeton auf. In Fig. 1077 ist dargestellt, wie eine gerade Decke an den Gewölben aufgehängt werden kann. Der Zwischenraum kann als Isolirung oder zur Unterbringung von Lüftungs- und Heizungskanälen dienen. Fig. 1078 zeigt eine Verbindung von Monierplatten und Moniergewölben; Fig. 1079 zeigt den unmittelbaren Anschluss von Licht- und Luftschachtwänden an Monierdecken.

2. Die **Holzer'sche Decke**, welche in Berlin von dem Reg.-Baumeister Gause ausgeführt wird, ist eine der Monierkonstruktion ähnliche Betonkonstruktion mit Eiseneinlage. Anstelle der Drahteinlage werden niedrige, von Träger zu Träger reichende und meistens auf den Unterflanschen der I Träger verlegte I Eisen verwendet, an welche mittels eines verzinkten Eisendrahtes ein Rohrgewebe angehängt ist. Die kleinen I Eisen sollen die in der Decke auftretenden Zugspannungen aufnehmen, während das Rohrgewebe als Unterlage für die Einbringung des Betons dient und somit die Unterschalung entbehrlich macht. Gleichzeitig bildet dasselbe den Putzträger für den glatten Deckenputz. Fig. 1080 zeigt die Konstruktion vor Einbringung des Betons.

3. Die **Koenen'sche Rippendecke**, von der A.-G. für Beton- und Monierbau in Berlin ausgeführt, vergl. Fig. 1081, beruht auf dem Gedanken, dass die als I Eisen gebildeten Eisenrippen nicht als selbständige Träger, sondern mit dem sie umgebenden Betonkörper zusammen als ein einheitliches in sich ver-

Fig. 1081.



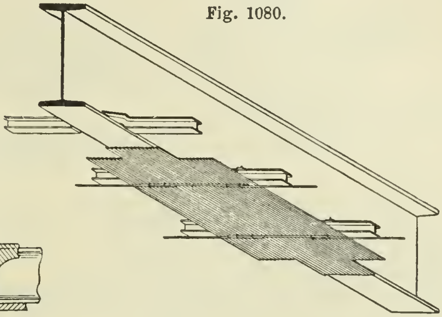
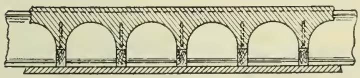
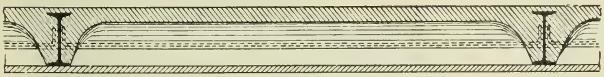


Fig. 1080.

Fig. 1082 a u. b.





bundenes Ganzes wirken. Bei der Ausführung, die einfach und leicht, werden Metallformen auf patentirten Schiebeklammern zur Anwendung gebracht, Rüstung und Schalung ist daher nicht erforderlich. Der Preis einschl. Träger und Zementfussboden beträgt rund 9 Mk. für 1 qm.

4. **Koenen'sche Plandecke**. Bei Herstellung ebener massiver Decken bedürfen die auf dem Unterflansch der Träger aufruhenden Deckenplatten bei geringer Stärke einer hohen Auffüllung, welche ohne Erhöhung der Tragfähigkeit das Gewicht vermehrt.

Die statische Ausnutzung der Baustoffe ist dabei wegen der geringen Plattenstärke und des demzufolge geringen Hebelarmes der inneren Spannkräfte recht ungünstig. In dieser Hinsicht bildet die Plandecke Fig. 1082 ohne jeden Auffüllungsstoff einen erheblichen Fortschritt. Sie stellt sich als eine durch senkrechte Rippen versteifte Betontafel dar, deren oberer durchgehender Theil als Druckgurt und deren im unteren Theile der Rippen eingelegte Eisenstäbe als Zuggurt an vergrössertem Hebelarm und dementsprechend mit geringeren Spannkräften zur Wirkung kommen. Die im Querschnitt bogenförmig ineinander übergehenden Rippen ruhen im frischen, noch weichen Zustande auf entsprechend starken Holzlatten, die zugleich zum Aufsetzen von gebogenen etwa 1 m langen Lehren aus Eisenblech dienen, auf welchen der Beton eingestampft wird. Bei der geringen Rippenentfernung von 25 cm wird die ebene unter den Trägern durchgehende Deckentafel in Rohrputz oder durch Gipsdielen hergestellt. Verschiedene Spannweiten sind zulässig u. a. in Berlin bei 500 kg Auflast, 10 mm Drahtstärke, 10 cm Gewölbestärke, 400 kg Eigengewicht noch 1,75 m Spannweite.

Das Quadratmeter kostet ohne Eisenträger und Deckenputz, bis Oberkante Träger ausgeglichen rund 5,80 M. Diese Decke kommt bei dem Erweiterungsbau der techn. Hochschule zu Charlottenburg zur Ausführung.

5. **Koenen'sche Voutenplatte.** Dieser Deckenform kommt mit Rücksicht auf ihre zweckmässige Ausbildung und weil sie gleichzeitig den schönheitlichen Ansprüchen in vollstem Maasse genügt, ein hervorragender Rang zu. Sie soll nach Koenen's Absicht, für gleichförmig vertheilte Belastung eine Platte von annähernd überall gleichem Widerstande gegen Durchbiegung bilden. Dementsprechend ist, wie Fig. 1083 zeigt, der Betonquerschnitt und die Lage des Eisens bemessen. Da die Platte infolge ihrer voutenartigen Verstärkung an den Auflagern als eingespannt zu betrachten ist, ist die Eiseneinlage am Auflager nahe der Oberkante, in der Mitte zwischen den Auflagern dagegen nahe der Unterkante der Platte eingebettet.

Fig. 1083 a u. b.

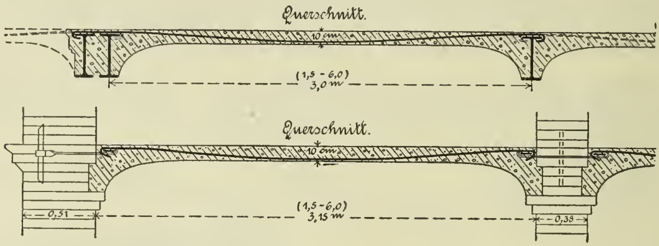
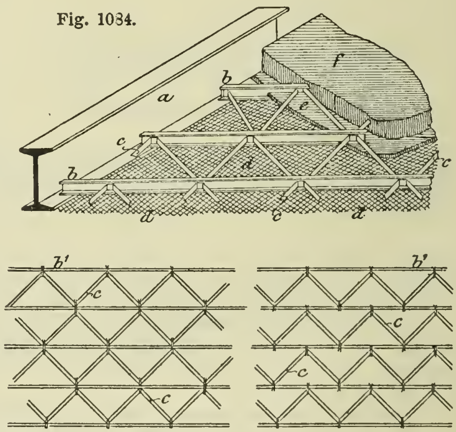


Fig. 1084.

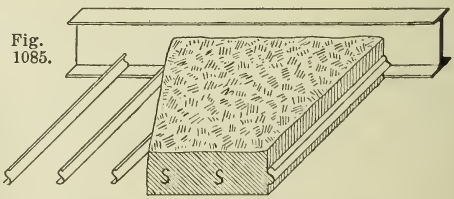


Die voutenartige Verstärkung der Plattenenden bietet ausserdem den Trägern Feuerschutz und erhöht das Aussehen der Decke vortheilhaft. Die Spannweite wird zweckmässig nicht über 4,50 m gewählt, lässt sich jedoch bis 6,50 m ausdehnen, sodass damit ganze Räume, ohne eiserne Träger überspannt werden können.

Die Decke hat sich wegen ihrer grossen Vorzüge sehr rasch eingeführt und ist bereits weit verbreitet, namentlich im Fabrikbau.

Ihre Stärke in der Mitte wird infolge der Einspannung, die an den Wänden selbstverständlich eine Verankerung der Decken verlangt, schwächer als eine gewöhnliche Mauerdecke gleicher Spannweite und Tragfähigkeit.

Fig. 1085.



6. Auch die **Betoneisendecke von A. Stapf** in Berlin, hat die Voutenform, die Einlagen bestehen jedoch aus hochkantig oder flachkantig eingebetteten Eisenschienen, die mit eingewalzten Ausbuckelungen, ähnlich der Wellblechschienen der Gewölbeträger-Decken von Schürmann, S. 136, Fig. 381 zum besseren Haften des Betons versehen sind.

7. **Decken von Jul. Donath & Co.** in Berlin. Dieser Firma sind eine ganze Reihe verschiedener Betoneisen-Decken patentirt, von denen nachstehende Formen erwähnt seien:

Zementeisendecke, die zwischen, bis zu 2,0 m entfernten eisernen Trägern verlegt werden kann. Die Decke, Fig. 1084, wird aus 25 mm hohen **I** Eisen *b* gebildet,

die unter sich gitterartige Verbindung durch Bandeisen *c* erhalten. Es wird dadurch der Widerstand der Decke gegen Trennung der Querschnitte durch Abscheerung erhöht. An dieses Stabnetz wird unten Rohr- oder Drahtgewebe befestigt, das zur Aufnahme der Mörtelschicht dient. Der Preis für 1 qm beginnt für Wohnhäuser bei 4 M., bei Fabriken bei einem entsprechend höheren Satze.

Die Betonrippendecke gleicht der oben beschriebenen Koenen'schen.

Beton S Blechstreifen-Decke. 4,5 cm hohe Blechstreifen, die jedenfalls in der Absicht, die Haftfestigkeit des Betons am Eisen zu erhöhen, S förmige Gestalt erhalten haben, werden in Entfernungen von 12—14 cm in Beton eingebettet unter Verwendung von Schalung. (Vergl. Fig. 1085.)

Die Zackenblech-Decke dient nur als Ersatz für Rabitzdecken und Stakung; hierbei werden einseitig gelochte Bleche mittels Klammern unter die Balken befestigt.

Fig. 1086a u. b.

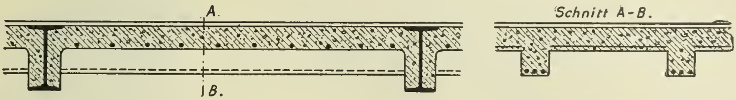
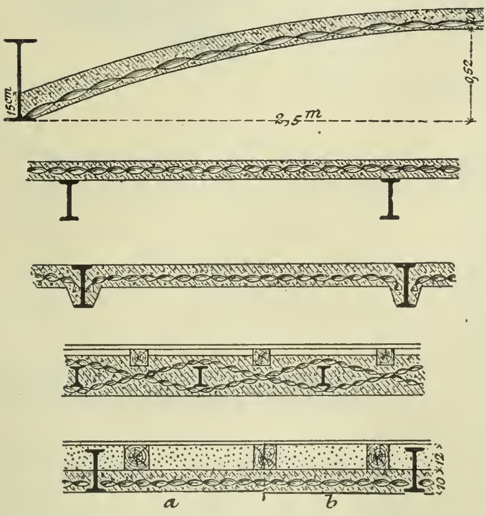


Fig. 1087—1091.



8. **Decke von Johs. Müller, Marx & Co.** in Berlin. Diese Firma verwendete zu den Decken eine wagrechte Eisenfeder-Einlage bestehend aus hochkantigen Flacheisen in 10—12 cm Abständen, zwischen denen zickzackförmig gebogene, Flacheisen ebenfalls hochkantig eingelegt sind, die Knotenpunkte sind durch umgelegte Ringe verbunden; die Anordnung ist ähnlich wie bei der ersten Form der Donath'schen Decke. In verbesserter Form erscheint die Decke seit 1899 unter der Bezeichnung „Neue muldenförmige Eisenfederdecke". Statt der früheren Anordnung ist die Eisenfedereinlage nicht mehr wagrecht, sondern in der Kettenlinie nach unten durchgebogen eingebettet, wie bei Koenen's Voutendecke.

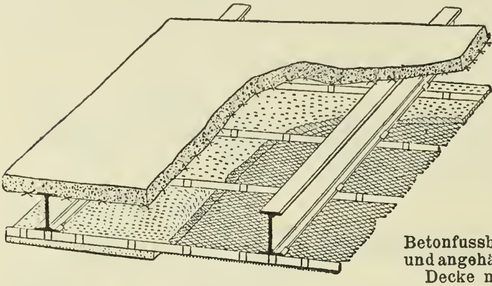
9. **Monier - Balken - Konstruktion von M. Czarnikow & Co.** zu Berlin. Bei dieser Decke wird die Platte, wie bei der Koenen'schen Plandecke, durch Rippen rechteckigen Querschnittes verstärkt, in deren Unterkante Rundeisen zur Aufnahme des Zuges angeordnet sind. Desgleichen erhält die Betonplatte Eiseneinlagen (Vergl. Fig. 1086a u. b).

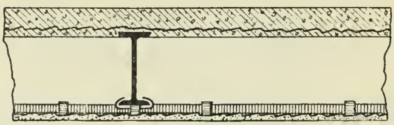
10. **Spiraleisen - Beton - Decke der Firma Thomas & Steinhoff** in Mülheim a. Ruhr (Fig. 1087—1091). Während bei den vorher beschriebenen Decken hauptsächlich dünne Rundstäbe, Bandeisen und Drähte bevorzugt werden, sind hier als Einlagen in den Beton spiral- oder richtiger schraubenförmig gewundene dünne Flacheisen benutzt. Diese Form der Einlagen hat den Vortheil, dass vermöge des grösseren Widerstandes, welcher sich der Trennung des Zementmörtels vom Eisen entgegensetzt, das Zusammenwirken beider Stoffe unter Belastungen ein innigeres ist, als das Zusammenwirken von Zementmörtel und glatten Eisentheilen. Auch werden durch die Spiralform Verankerungen der Enden des Eisens unnöthig gemacht.

Derartige Decken sind auch als Bogendächer für Hallen und Güterschuppen ausgeführt worden (vergl. später).

11. **Verwendung des Streckmetalls zu Decken.** Unter dem Namen „Streckmetall“ wird ein von dem Amerikaner J. F. Golding vor einigen Jahren erfundenes in Amerika, England und Frankreich schon vielfach angewendetes und neuerdings auch in Deutschland eingeführtes Erzeugniss in den Handel gebracht, dessen Herstellung auf S. 433 bereits beschrieben wurde unter Beigabe einer Abbildung des Netzes, das nach seiner Entstehungsart beliebiges Be-

Fig. 1092 a u. b.





Betonfussboden und angehängte Decke mit Streckmetall-Einlage.

Fig. 1093. Einzelheiten der Aufhängung der Decke.

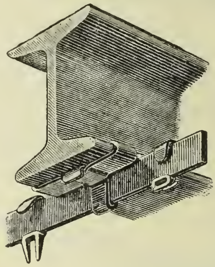
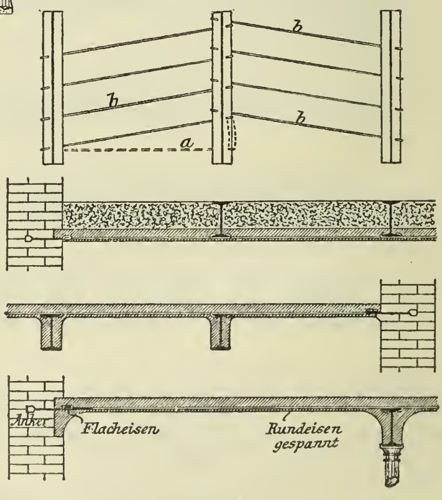


Fig. 1094 a — d.



schneiden zulässt, ohne sich in den Maschen zu trennen. Für Bauzwecke kommt in erster Linie Flusseisen von 35—45 kg/qmm Festigkeit bei 20 % Dehnung als besonders geeignet inbetracht. Deckenkonstruktionen werden danach in 6—16 cm Stärke mit einfachen Eiseneinlagen bei 75 mm Maschenweite ausgeführt. Eine gute Versteifung der mit Zementmörtel hergestellten Decke wird durch diese Metallart erzielt. Fig. 1092a u. b, sowie 1093 stellen eine ebene Decke mit Streckmetalleinlage und die Einzelheit der unteren Deckenaufhängung dar. Die Tragfähigkeit der Decken kann noch erhöht werden durch bogenförmige Querrippen, die sich zwischen die Träger spannen und die Plandecke stützen. Eine Streckmetalldecke dieser Art wird von dem Ingenieur Erich Bowien in Charlottenburg ausgeführt. Für Wohngebäude sind hier bei Verwendung von Streckmetall No. 9 folgende Spannweiten zulässig: Für 10 cm starke Decken 1,75 m und für 8 cm starke Decken 1,35 m bei einer Mörtelmischung von einem Theil Zement und vier Theilen Sand. Die gerade Platte wird wie die Monierdecken verlegt.

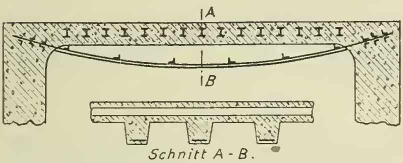
12. **Spanneisen-Decke von Zöllner & Co.** in Berlin. Die für die Einlagen in der Betonplatte verwendeten Rundeisen-Stäbe sollen hier durch Anspannung tragfähiger gemacht werden. Dem von den angespannten Stäben gegen die Träger und Wände ausgehenden wagrechten Zug muss die Druckfestigkeit der Beton-

platte begegnen. Die Anspannung wird erzielt durch schräges Antreiben der zunächst rechtwinklig über die Trägerflansche gelegten Eisen (Fig. 1094a—d).

13. **Gurtträgerdecke von Möller.** Die Gurtträgerdecke von Prof. M. Möller in Braunschweig, ausgeführt durch die Firma Drenckhahn & Sudhop ebendaselbst, zeigt ähnlich wie die Koenen'sche Plandecke eine Verstärkung der Deckenplatte durch parallele Rippen, denen Möller aber die Form einer Kettenlinie gegeben hat. Diese, an der Unterfläche der Decke sichtbar bleibenden, Rippen enthalten nahe der Unterkante eine Flacheisen-Einlage zur Aufnahme der Zugspannungen. Die Enden der Flacheisen sind in dem am Auflager verstärkten Betonkörper mit aufgenieteten Winkeleisen verankert (vergl. die Fig. 1095a u. b). Die Deckenplatte selbst enthält bei grösseren Spannweiten und stärkerer Belastung Einlagen quer zu den Rippen, bestehend aus kleinen **I** Eisen.

Es sind derartige Decken für Speicher, Kasernen usw. in Spannweiten von 5—10 m ausgeführt. (Auch im Brückenbau ist diese Konstruktion bei mangelnder Höhe mehrfach erfolgreich verwendet, z. B. bei der Ueberbrückung des Pleisse-Baches in Leipzig bei 11 m Spannweite, sowie in Magdeburg bei der Reyher-Brücke.*)

Fig. 1095a u. b.



14. **Decken nach dem System Hennebique.** Seit die Monier-Bauweise, auf der ja imgrunde genommen alle späteren Betoneisen-Konstruktionen fussen, als etwas gänzlich Neues in das Bauwesen eingeführt worden ist, hat wohl kein System einen so durchschlagenden Erfolg, eine so rasche Ausbreitung und Anwendung auf allen Gebieten des Hoch- und Tiefbaues in wenigen Jahren zu verzeichnen gehabt, wie das im Jahre 1897 an die Oeffentlichkeit gebrachte und nach seinem Erfinder, dem französischen Ingenieur Hennebique, benannte System. Derselbe hat aus dem der Eisenbeton-Bauweise zugrunde liegenden neuen Gedanken die letzten Konsequenzen gezogen und das Eisen als selbständiges, tragendes Glied aus allen Theilen des Bauwerkes, im Hochbau also, wie schon gezeigt wurde, aus den Wänden und Stützen, sowie aus den Decken, Dächern und Treppen vertrieben. Das Eisen hat in allen diesen Bautheilen lediglich noch die Aufgabe zu erfüllen, die Zug- und Scheerspannungen aufzunehmen (soweit nicht bei entsprechender Lage auch ein Theil der Druckspannungen in dasselbe übergeht).

Fig. 1096a u. b.

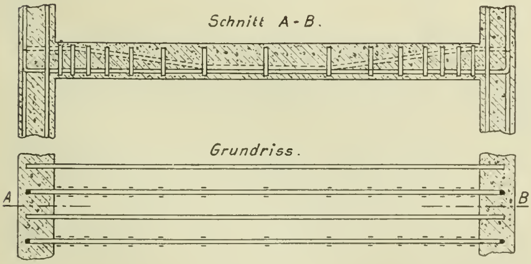
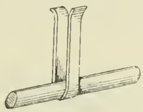


Fig. 1097.



Diese Anordnung der Eiseneinlagen in der dem System Hennebique eigenthümlichen Weise ist in Fig. 1096a und b dargestellt. Die Eiseneinlagen der Deckenplatte bestehen dabei aus in der Querrichtung nicht verbundenen von Auflager zu Auflager reichenden Rundstangen, die abwechselnd geradlinig in der Nähe der Unterkante der Decke eingelegt sind, bezw. in geknickter Form in der Mitte der Spannweite ebenfalls an der Unterseite, an den Enden dagegen an der Oberseite der Decke liegen, um so die durch die Einspannung dort entstehenden Zugspannungen aufzunehmen. Die Enden der Rundeisen sind behufs wirksamer Verankerung aufgebogen. Die geradlinigen Rundeisen werden ausser-

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1901, S. 329, mit Abbildung, desgl. Zeitschr. für Bauwes. 1897, S. 143.

dem lose umfasst von lothrechten Bügeln aus Flacheisen, vergl. Fig. 1097, die bis in die obere Druckzone des Betons reichen, durch Umbiegen in diesem fest gehalten werden und die Scheerspannungen aufnehmen sollen. Dementsprechend sind sie an den Auflagern dichter gestellt, als in der Mitte. (Von dieser üblichsten Anordnung giebt es auch noch kleinere Abweichungen, bei deren einer die Eiseneinlagen wie beim Moniersystem auch nach der Quere verbunden werden usw.).

Bei grösseren Spannweiten werden die, wie vorbeschrieben gestalteten Deckenplatten getragen von Betonbalken, die in gleicher Weise mit Eisen armirt sind, vergl. die Uebersichtszeichnung Fig. 1098 und den Querschnitt durch einen Deckenbalken Fig. 1099. Je nach der Auflast, die diese Balken zu tragen haben, wird bei vorher angenommener Höhe (die häufig nach den Enden hin wächst, oder in konsolartige Anschlüsse übergeht) die Zahl der in den Querschnitt einzulegenden Eisensysteme bestimmt. Handelt es sich um die Ueberdeckung sehr grosser Räume, so werden zunächst die Betonbalken-Unterzüge gestreckt, zwischen denen sich die Verstärkungsrippen der Platten, welche die Balkenlage ersetzen, einspannen, dazwischen ist die Deckenplatte ebenfalls eingespannt (vergl. Fig. 1052, S. 446); das Ganze aber ist, nach der Art der Ausführung eine fest zusammenhängende, einheitliche Konstruktion, daher die ausserordentliche Tragfähigkeit, Widerstandskraft gegen Stoss und Erschütterungen. Auch kann ohne Nachtheil für die Umgebung ein Stück aus einer Decke herausgeschlagen werden, was spätere Aenderungen erleichtert.

Fig. 1098 u. 1099.

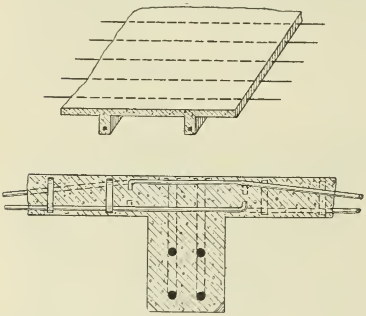
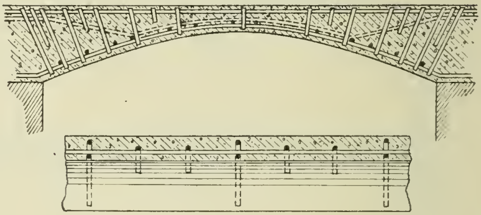


Fig. 1100 a u. b.



Schliesslich lassen sich derartige Decken auch in gewölbter Form herstellen, wie Fig. 1100 zeigt. In der vollkommensten Form tritt dann noch in der wagrecht abgeglichenen Decke eine Eiseneinlage nahe der oberen Begrenzung hinzu.

Mit der Deckenform ohne Verstärkungsbalken können kleinere Räume bis 5 m Spannweite überdeckt werden, bei gewöhnlich 0,08—0,16 m Stärke. Die Dicke der Eiseneinlagen schwankt zwischen 8—20 mm Durchmesser, ihre Anzahl zwischen drei und zehn auf 1 m Deckentiefe. Bei Anordnung von Balken liegen diese in 3—3,5 m Entfernung, die Unterzüge gewöhnlich in 5—7 m. Es sind aber Decken ohne Unterzüge bis zu 14 m Spannweite hergestellt worden für eine Nutzlast von 500 kg/qm. Die Eiseneinlagen der Balken und Unterzüge besitzen Stärken bis zu 50 mm Durchmesser.

Als bedeutende Beispiele von Deckenausführungen nach der Bauweise Hennebique sind diejenigen in den beiden Kunstpalästen zu nennen, die gelegentlich der Weltausstellung 1900 in Paris entstanden sind.*)

Wie schon erwähnt wurde (vergl. S. 447), sind Ausführungen nach dem System Hennebique in Deutschland nur in einigen Städten bisher gestattet. In Berlin sind die Erwägungen über die Zulassung noch nicht abgeschlossen. In Leipzig, wo Ausführungen in ausgedehnterem Maasse und zwar auch ganzer Gebäude nach dieser Bauart stattgefunden haben, sind auch vor Ertheilung der Erlaubniss der Anwendung dieser Bauweise seitens der Baupolizei umfangreiche Versuche an grossen Probeausführungen vorgenommen worden, welche zu ausserordentlich befriedigenden Ergebnissen geführt haben. Eine vorgenommene Feuer-

*) Vergl. die Veröffentlichungen im Génie civil 1898 u. 1899.

probe, der die Konstruktion $1^3/_4$ Stunden einem Feuer bis zu 1000° C. ausgesetzt war und dann von der Feuerwehr mit Wasser unter 3 Atmosphären Druck bespritzt wurde, zeigte ebenfalls sehr günstige Ergebnisse.

Was die Berechnung der Decken anbetrifft, so ist dieselbe von Hennebique selbst zunächst auf einer so ersichtlich fehlerhaften Grundlage erfolgt, dass man es nur als einen Beweis der aussergewöhnlichen, über alle Annahmen hinausgehenden Tragfähigkeit dieser Konstruktion ansehen kann, dass die ausgeführten Bauten in so wenigen Fällen und dann meist aus Versehen, die an sich nicht im System gelegen haben, versagten. So machte Hennebique z. B. die Annahme, dass die Momente der inneren Zug- und Druckspannungen gleich seien, also je gleich der Hälfte der äusseren Angriffsmomente und dass sich die Druckspannungen gleichmässig über den oberen Theil vertheilen, während das Eisen im unteren den Zug aufnimmt. Dadurch erhielt er eine zu hohe Lage der neutralen Faser, nämlich $a = \sqrt{\frac{M}{\sigma_b \cdot b}}$, worin M das angreifende Moment, σ_b die zulässige Druckspannung des Betons, b die Breite des Betonbalkens, a der Abstand der neutralen Schicht von der Oberkante der Decke bedeutet. Bei den Ausführungen in Hamburg und Leipzig wurde diese Formel dahin berichtigt, dass die Druckspannung als von der neutralen Schicht bis zur Oberkante gleichmässig wachsend angenommen wurde, woraus sich ergiebt $a = \sqrt{\frac{3\,M}{2\,\sigma_b \cdot b}}$. Die Düsseldorfer Baupolizei stützt sich, wie schon erwähnt, auf die Ritter'schen Ableitungen. Die Zugspannung im Beton des unteren Theiles der Decke wird bei allen Methoden vernachlässigt bei Bestimmung des nöthigen Eisenquerschnittes und es wird ferner der Deckenbalken mit einem Theile der Decke als Ganzes betrachtet, sodass ein **T** förmiger Querschnitt der Berechnung zugrunde zu legen ist. Auf die exakteren Berechnungsmethoden, die zunächst die richtige Lage der neutralen Schicht unter Berücksichtigung der Verschiedenheit des Elastizitätsmodulus der beiden Stoffe zu bestimmen und dann auch über die wirkliche Spannungsvertheilung klar zu werden suchen, kann an dieser Stelle nicht eingegangen, und muss vielmehr auf die schon erwähnten Quellen verwiesen werden.

15. **Die Decken von Bauinspektor Adams** in dem Neubau der Hochschule für die bildenden Künste und die Musik in Charlottenburg zeigen eine eigenartige Ausbildung. Es handelt sich hier um sehr umfangreiche Decken-Konstruktionen in Stampfbeton und Ziegeln, bei denen ebenfalls wie bei Hennebique, die Deckenträger in Stampfbeton mit Eiseneinlage hergestellt sind. Die Einlagen bestehen dort aus Flachbändern, die in einfacher Weise schleifenartig mit einander verbunden sind. Die Berechnung betrachtet das ganze System als einen Fachwerkbalken, in welchem der Beton die Druckglieder, das Eisen die Zugglieder abgeben soll, eine Annahme, die den thatsächlichen Verhältnissen wohl nicht entspricht. Wenn trotzdem die Belastungsversuche eine grosse Tragfähigkeit der Träger ergeben haben, so ist diese jedenfalls zurückzuführen auf die durch die neueren anderweiten Versuche nachgewiesene Zugfestigkeit des Betons, die erheblich höher ist, als hierfür angenommen wird. Die in dieser Weise hergestellten Decken haben fertig mit Eiseneinlage etwa 7,50 M. für 1 qm gekostet; sie stellten sich billiger als sonstige Massivdecken, bei denen noch die eisernen Träger hinzukommen.

ε. Decken aus fertigen Zement-Formstücken.

Die Ausführung der Betoneisen-Konstruktionen hat, wie schon hervorgehoben wurde, den Uebelstand, dass die Ueberwachung der ordnungsmässigen Ausführung, von welcher die Widerstandsfähigkeit des fertigen Bautheiles in hohem Maasse abhängt, eine sehr schwierige ist. Es kann ferner als unbequem empfunden werden, dass dem Bauwerke durch die in feuchtem Zustande eingebauten Materialien eine erhebliche Feuchtigkeit zugeführt wird, die bei Eintritt niederer Temperaturen auch auf die Tragfähigkeit von schädlichem Einfluss sein kann.

Besonders ist dabei zu beachten, dass doch die Erhärtung des Zementes durch den Einfluss von Frost mindestens erheblich verzögert wird, so dass man auf alle Fälle mit der Belastung solcher bei niedrigen Temperaturen hergestellten Bautheile warten muss. Bei stärkerem Frostwetter darf natürlich überhaupt nicht gebaut werden, namentlich wenn es sich um Konstruktionen von so verhältnissmässig geringer Stärke handelt, wie dies für die Betoneisen-Bauweise im allgemeinen zutrifft.

Das hat dazu veranlasst, statt der im Bau herzustellenden Decken solche Konstruktionen zu wählen, die aus wenigen grossen, in der Fabrik, also unter sorgfältigster Aufsicht hergestellten und trocken zur Baustelle angelieferten Stücken bestehen. Sie bieten den weiteren Vortheil, dass sie ohne Schalung versetzt werden können.

1. Böcklen'sche Zementplattendecke (Ausführung durch Paul Stolte). Die Platten aus Sand und Zement werden eben und schwach gebogen, mit wabenartigen Aussparungen versehen, fertig in der Fabrik hergestellt. Die Decke wird dann

Fig. 1101.



Fig. 1102.

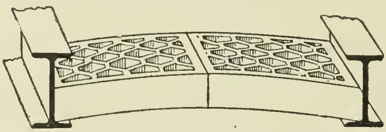


Fig. 1103.

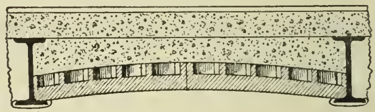


Fig. 1104 a u. b.

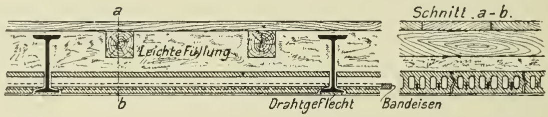
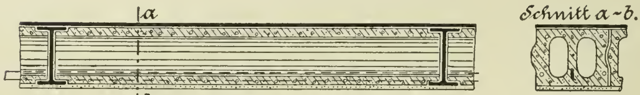


Fig. 1105 a u. b.



an Ort und Stelle nur zusammengesetzt. Vergl. die Fig. 1101—1103, von denen erstere einen aus der Decke herausgeschnittenen Streifen darstellt.

2. Die Stolte'sche Decke — Stegzementdielen. — Sie besteht, wie Fig. 1104 a u. b zeigt, aus einzelnen 25 cm breiten und 8—10 cm starken, mit Bandeiseneinlagen und ausgesparten Hohlräumen versehenen Platten, von denen jede ein Stück fertige Decke vorstellt. Die einzelnen Theile werden ohne Schalung in Zementfuge aneinander geschoben. Die Decke kann zu jeder Jahreszeit hergestellt werden und ist sofort trocken. Bei Verwendung von schmiedeeisernen Trägern sind die Zementdielen an den Enden ausgeklinkt, wodurch das Ummanteln des Flansches zum Feuerschutz ermöglicht wird. Für Zementdielen mit je 3 Eiseneinlagen von 1,5 zu 26 mm Stärke beträgt die Spannweite l

8 cm	Deckenstärke bei einer Gesammtlast bis zu	500 kg	$l = 1{,}25$ m,
10 cm	„ „ „ „ „ „	500 kg	$l = 1{,}80$ m,
10 cm	„ „ „ „ „ „	1000 kg	$l = 1{,}30$ m.

Der Preis für Berlin stellt sich auf rund 5 M. Die Decke wird noch in einer anderen Form hergestellt, die in Fig. 1105a u. b dargestellt ist. Die Hohlkörper haben hierin die volle Höhe der Deckenträger, sodass sie sogleich den Fussbodenbelag aufnehmen können. Sie werden aus einem Zementbeton und Bimssand gefertigt, sind daher ausserordentlich leicht und lassen sich in bequemer Weise nageln, bohren und sägen.

3. Die Firma Donath verwendet die schon beschriebene Konstruktion der Zementeisendecke gleichfalls zur Herstellung von fertigen Dielen.

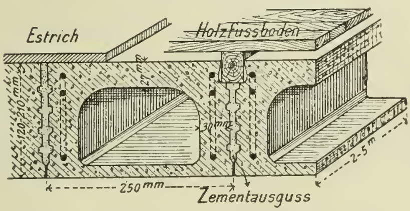
4. Decke mit Betoneisen-Balken System Siegwart. Der Architekt Siegwart zu Luzern hat eine Decke konstruirt, die aus nebeneinander verlegten hohlen Betonbalken besteht, die nach Art des Systems Hennebique mit Rundeisen verstärkt sind. (Vergl. Fig. 1106).

5. Die Zementdielen von Roessler & Ambrosius. Sie bestehen aus einem Zementkörper mit kreisförmigen Hohlräumen und eingelegten Winkeleisen, diese letzteren nehmen ein die Zuggurtung der Platte verstärkendes Drahtgewebe auf. Durch eine gleich angegossene Schicht von groben Bimssand wird die Unteransicht der Platte geschlossen.

Zu den Platten von J. N. Kröger wird Kühleweinscher Asbestzement oder Kunststeinmasse mit Eiseneinlage verwendet.

Die Horizontaldecke von Weyler besteht aus schmalen Beton- oder Kunststein - Platten mit Einlagen aus gestanztem Eisenbleche, die eine selbständige Trägerwirkung ausüben sollen.

Fig. 1106.



Die massiven Decken aus Voll-, Hohl- oder Formsteinen mit oder ohne Eiseneinlagen, siehe Haupt-Abschnitt I unter Maurerarbeiten, S. 129 u. 135. Bei Verwendung von porösen Ziegelsteinen zu solchen Decken richte man sein Augenmerk besonders auf deren Feuersicherheit und Beschaffenheit aus feuerfesten (nicht leichtflüssigen) Thonen.

ζ. Gipsgussdecken.

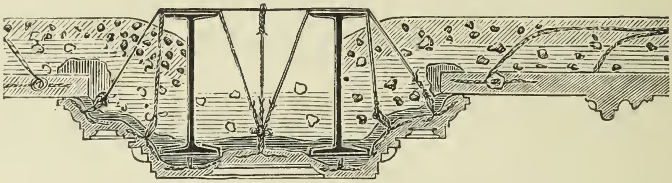
Da der Gips nicht brennbar ist und nur unter dem Einfluss des Feuers allmählich an Festigkeit verliert und dann abblättert, so wird derselbe die eingebetteten Eisentheile immerhin eine Zeit lang gegen die unmittelbare Einwirkung des Feuers schützen. Als ein Mangel der Gipsgussdecken ist aber der Umstand anzusehen, dass die Gipsumhüllung die tragenden Eisenkonstruktionen vor dem Rosten nicht schützt.

1. Stahldrahtdecke von Kemnitz zu Friedenau-Berlin. Für diese feuersichere und belastete Decken verwendet der Erfinder 3 mm starke Stahldrähte, die in ununterbrochenem Zuge durch an die Flanschen der I Träger befestigte Haken gezogen werden und zwar kreuzseitig. Das hierdurch entstehende Netz wird durch Rundeisenstäbe seilartig zusammengewunden, und über dieses ein Drahtgewebe gelegt. Als Steinmasse wird entweder Mörtel-Gipsbeton (1 Theil Gips, 1 Theil Berliner Mörtel) oder Mauersteinschlag-Gipsbeton (5 Theile Gips, 4 Theile Mauerschlag) aufgebracht.

2. Deckensystem Düsing. Auf eine Schalung wird eine eigens präparirte Gipsmasse von 3 cm Stärke aufgebracht und auf diese, in je 20 cm Entfernung von einander, gedrehte 6 mm starke und an die Trägerstege ⊏-förmig aufgebogene eiserne Bandstreifen gelegt. Dann werden Mauersteinstücke aufgetragen und mit derselben Gipsmasse ausgegossen, sodass die Bandeisenenden vollständig eingebettet sind. Die Masse erhärtet sehr schnell. Die Decke besitzt Feuersicherheit und Tragfähigkeit, muss aber gegen Eindringen von Feuchtigkeit mit Zementmörtel überzogen werden.

3. Gipsdecke von Odoriko. Durch eine eigenartige Verbindung von Gipsdecke und Betondecke wurde beim Neubau des Gerichtsgebäudes zu Frankfurt a. M. eine feuersichere Decke erzielt. Hier wurden die unteren verzierten Theile der Betondecken aus gegossenen profilirten Gipsplatten mit Stoffeinlage hergestellt, welche zugleich als Lehren für die Ueberfüllung mit Gips- und Zementbeton dienten. Nach den Mittheilungen im Centralbl. d. Bauverwltg.,

Fig. 1107.



Jahrg. 1888, No. 25, wurde mittels der eingespannten Drähte und der rauhen Oberfläche der einzelnen Materialien eine innige Verbindung derselben erzielt; vergl. den Durchschnitt der Decke Fig. 1107. Probebelastungen und Belastungen durch fallende Gewichte fielen günstig aus.

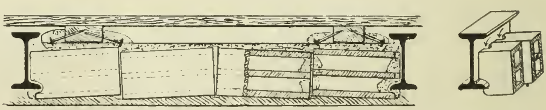
η. Ausgussdecken nach Pariser System.

Schmalflanschige Balken von **I** Form werden mit oder ohne Verankerung in ungefähr 0,65 bis höchstens 0,85 m Abstand verlegt; dabei werden die der Balkenlage parallelen Wände, welche von anderen Fachen keinen Gegendruck erhalten, stets verankert. Bei starken Seitenwänden werden keine oder schwächere Wandbalken, auch **L** oder **C** Eisen, dagegen an schwachen, nicht verstrebten Wänden stärkere Balken oder Queranker angewendet. Von Balken zu Balken, in Entfernung von etwa 1 bis höchstens 1,1 m, werden nach Fig. 1108 Steifkrammen aus 25 mm □ Eisen eingelegt, welche dicht gegen den Steg, am unteren Flansch anklemmen sollen anderenfalls mit Steinstücken angeklemmt werden. Bei sehr stark belasteten Decken werden sodann in der Richtung der Balken Füllstäbe von Schmiedeisen 10 mm □ oder $^{15}/_{10}$ mm stark, lose zwischengelegt. Unter der Decke wird ein Bretterboden in ungefähr 1,5—2 cm Entfernung vom unteren Flansch aufgesteift oder aufgehängt. Sodann werden staubfreie Stücke von alten Gips-Decken oder -Wänden (sog. platras, natürlich nur ausgewählte, harte und trockne) oder auch von aufsaugenden natürlichem Stein oder von Backstein,

Fig. 1108a u. b.



Fig. 1109a u. b.



in Lagen bis zu 8—11 cm eingefüllt und mit gut bindendem Mauer-Gipsmörtel ausgegossen, wobei jedoch die gegen nicht verankerte oder verstrebte Wände stehenden Enden vorläufig ohne Ausguss bleiben. Die Balken, welche in ihrer natürlichen Krümmung, wie sie aus der Walze kommen (nicht nach deutscher Weise abgerichtet!) also mit ungefähr 1 cm Pfeil auf 1 m Länge nach oben durchgebogen, verlegt waren, senken sich infolge der Belastung etwas. Erst darnach werden die belassenen Lücken ebenfalls mit Gipsmörtel ausgefüllt.

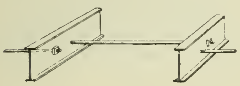
Die Fussbodenlager werden seitlich mit starken Stiften benagelt und diese Stifte dann an dem Verguss oder an den Balken mit Gipsmörtel befestigt, wie in Fig. 1109a.

(Fig. 1109a u. b stellen eine sogen. flache Kranz-Deckenwölbung mit Hohlsteinen dar, welche zweckmässig die Pariser Decke ersetzt.)

Die Verfüllung mit Sand wird sehr selten angewendet, wohl aber zuweilen die mit Koksasche und Sandabgleichung, namentlich dann, wenn die Decke einen Plattenbelag erhalten soll. Der Gipseinguss umhüllt das gesammte Eisenwerk und es wird gewöhnlich ein Schlichtputz von nur 0,5—1 cm Stärke als genügend erachtet.

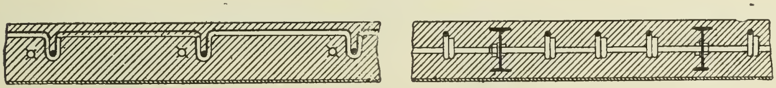
Da schmalflanschige Balken verhältnissmässig grössere Höhe haben als breitflanschige, so glaubte man mit letzteren niedrigere Decken erzielen und dabei die etwas theueren Steifkrammen entbehren zu können, indem man dieselben einfach mit Rundeisen nach Fig. 1110a verbolzte und nach 1110b u. c dünne Rundeisen-Füllstäbe einlegte. Dann musste man den unteren Flansch sehr stark umhüllen, um Risse in der Decke zu vermeiden, weil die Versprenkelung fehlte. Auch bei voll ausgegossenen Decken, wie in Fig. 1110b u. c angenommen, dürfen hohe Belastungen nicht angewendet werden, weil die Füllmaterial-Belastung zu gross wird, wenn man nicht die Vortheile niedriger Balken aufgeben will.

Fig. 1110a.

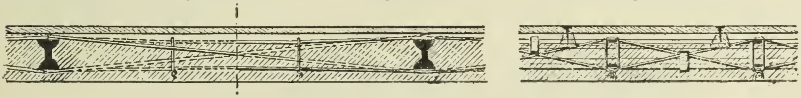


Wo Gips sehr billig ist, wird für leicht belastete Decken, welche mit Linoleum belegt werden, eine Decke, wie oben beschrieben, vortheilhaft sein können.

Fig. 1110b u. c.



Querschnitt. Fig. 1111. Längenschnitt.



In der weiteren Entwicklung hat man unter Verwendung sehr schwacher Balken, diese lediglich mit Flachdraht nach Fig. 1111 umbunden und mit dünnem Draht netzförmig verspannt, das Ganze mit Gips ausgegossen. So sind Decken entstanden, die ganz feuersicher, bei 3,5—4 m Freilage nur ungefähr 10—12 cm Stärke haben, aber im Arbeitslohn verhältnissmässig theuer werden, wenn nicht besonders geübte Arbeiter zur Verfügung stehen.

Da in Deutschland guter Mauergips nicht häufig vorkommt, auch die einzelnen Sorten grosse Verschiedenheiten in Festigkeits- und Abbinde-Verhältnissen aufweisen, konnten hier diese Gipsausguss-Decken bisher nur beschränkte Anwendung finden.

ϑ. Gipsdielen-Decken.

Die Zusammensetzung der Gipsdielen wurde bereits auf S. 435 beschrieben, wo auch einiges über ihre Anwendung mitgetheilt ist. Bei Deckenkonstruktionen sind Gipsdielen zunächst nur als Ersatz der Einschubdecke zwischen Holzbalken ausgeführt worden; sie werden jedoch auch für leichter belastete Decken in Wohnhäusern und Geschäftshäusern in Verbindung mit Eisenträgern verwendet. Fig. 1112 stellt den Querschnitt einer derartigen Decke dar, in welcher zunächst auf den Unterflanschen der Träger eine Lage Gipsdielen verlegt ist. Dieselbe wird behufs bequemeren Einbringens zweckmässig aus sogen. Einschwenkplatten hergestellt, welche rhomboidisch geformt sind, vergl. Fig. 1114. Eine Zwischenlage von Platten ist parallel den Trägern verlegt; über den Deckplatten ist der Holzfussboden in Asphalt verlegt angenommen. Fig. 1113 stellt eine anderweitige Anordnung dar, bei welcher die Dielung auf Lagerhölzern befestigt ist. Derartige Decken sind in Berlin im Palais Freund, Unter den Linden 69, im Geschäftshause und Palais Kuhnheim und im Generallandschaftsgebäude zu Berlin von der Aktiengesellschaft für Monierbauten ausgeführt.

Besondere Schwierigkeit macht bei diesen Anordnungen die Verkleidung der Fuge zwischen Trägerunterflansch und Gipsdiele. Die Gipsdielenplatte muss, damit dieselbe etwa 1 cm über das Eisen herüberragt, mit Nuth versehen werden, ausserdem ist der Unterflansch behufs besseren Haftens des durchgehenden Deckenputzes mit Rohr zu verkleiden. Trotzdem ist die spätere Bildung von Rissen an den Stosstellen nicht ausgeschlossen, da ein Schwinden der Gipsdielen infolge allmählicher Austrocknung nicht immer zu vermeiden ist.

Bei den Stude'schen Brandproben haben die von Mack in Ludwigsburg ausgestellten Gipsdielendecken sich gut bewährt. Die erprobte Gipsdielendecke mit

Fig. 1112

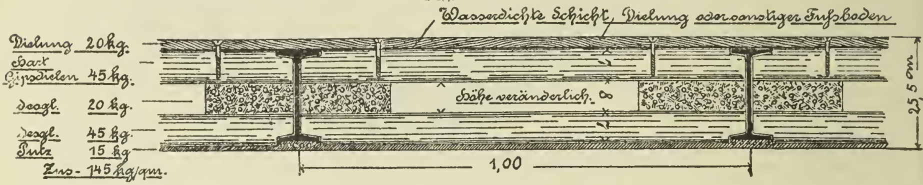


Fig. 1113.

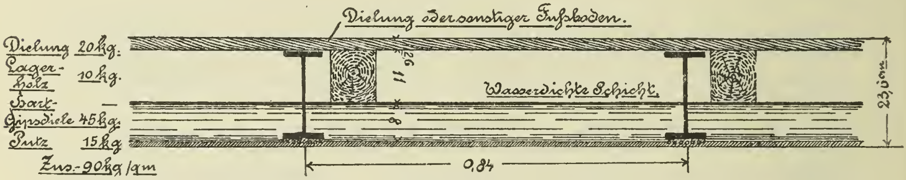
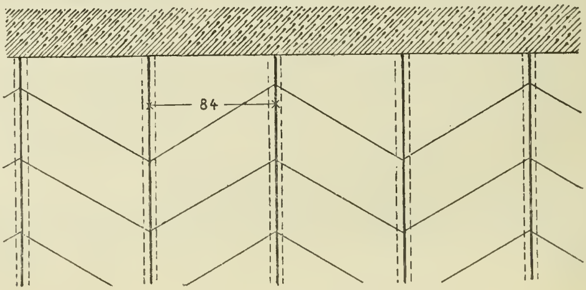


Fig. 1114.



I Trägern hatte über den 10 cm hohen hohlen Gipsdielen, welche die Einschubdecke bildeten, noch eine Sandbettung erhalten, darüber war ein Xylolithfussboden auf Lagerhölzern verlegt. An der Balkendecke mit Gipsdieleneinschub, welche bei den Stude'schen Brandproben dem Feuer ausgesetzt wurde, war auch anstelle des Deckenputzes eine 3 cm starke Gipsdielenlage angebracht. Den Fussboden bildeten 7 cm starke, auf die Balken genagelte Gipsdielen mit darüber gestrecktem Gipsestrich. Es ist wohl anzunehmen, dass eine derartige dreimalige Lage von Gipsdielen in derselben Decke für gewöhnliche Zwecke sich durch den hohen Preis der Ausführung verbietet.

ι. Rabitzdecken und andere Drahtnetzdecken.

Das Wesen des Rabitzputzes ist bereits S. 431 u. ff. besprochen worden. Rabitzdecken wurden zunächst als feuersicherer Ersatz des gewöhnlichen Rohrdeckenputzes ausgeführt. Später wurden Rabitzdecken auch als raumabschliessende Bautheile, jedoch ohne anderweitige Belastung hergestellt. Erst später sind auch belastete Rabitzkonstruktionen besonders für den inneren Ausbau von

Theatern angewendet. Besitzt die Rabitzkonstruktion, deren Hauptbestandtheil der Gips bildet, auch geringere Feuersicherheit und Tragfähigkeit als die Monierkonstruktion, so stehen dem doch wieder Vorzüge gegenüber. Hierzu gehört das schnellere Abbinden des Gipsmörtels, die hierdurch mögliche leichte Ausführung gebogener Deckenkonstruktionen, theilweise ohne Unterschalung, sowie das geringere Eigengewicht und die geringeren Kosten. Die Bauweise eignet sich daher besonders zur Ueberspannung weiter Räume mit einer unverbrennlichen leichten Decke, die dem Feuer immerhin eine geraume Zeit Widerstand leistet, zur Herstellung dekorativer Gewölbe unter Holzkonstruktionen oder feuerfesten, nicht architektonisch ausgebildeten Decken.

Als Beispiel der letzteren Art ist die Decke des grossen Saales des Industriegebäudes Beuth-Strasse in Berlin (Arch. Brth. Schwechten) zu bezeichnen. Die flache Rabitz-Decke mit grossen Vouten und Stichkappen ist an die feuerfeste, aus porösen Steinen zwischen den Eisenträgern gewölbte Decke angehängt. Eine mehrfach geschwungene Musiktribüne in demselben Saale ist im Fussboden und der Brüstung aus Rabitzmasse hergestellt. Der Festsaal im Reichsamt des Inneren (Arch. Busse und Gérard) ist durch ein grosses Klostergewölbe mit Stichkappen aus Rabitzmasse überspannt. Kreuzgewölbe und ähnliche Gewölbe aus Rabitzmasse sind vielfach unter Balkendecken in Restaurationsräumen ausgeführt worden. Der Zwischenraum zwischen dem dekorativen Gewölbe und der Balkendecke ist meist für die Anlage der Entlüftungskanäle ausgenutzt. Professor Otzen hat die

Fig. 1115.

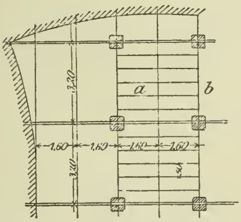
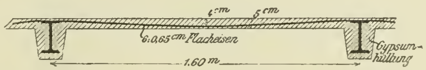


Fig. 1116.



Rabitz-Konstruktion auch für die busigen Kappen achttheiliger Kreuzgewölbe der Kirche des Elisabeth-Krankenhauses zu Berlin verwendet. Die Gewölberippen sind hierbei in Formziegeln wie bei gemauerten Gewölben hergestellt.

Tragende Rabitz-Konstruktionen sind bisher hauptsächlich in Theatern ausgeführt. Bei der geringeren Druckfestigkeit des Gipsmörtels ist hierbei eine engere Theilung der tragenden Eisenkonstruktion Bedingung.*)

Die Schnürbodenplatten des Lessingtheaters zu Berlin sind bereits auf S. 402 beschrieben. Die grosse Fussbodenplatte desselben Theaters, welche in Fig. 1115 und 1116 im Grundriss und Schnitt dargestellt ist, wird von Eisenunterzügen und Trägern in Felder von 3,20 ^{m} Länge und 1,60 ^{m} Breite getheilt. Diese Felder sind wieder durch Bandeisen, welche 4 ^{cm} durchhängen und mit den Trägerflanschen vernietet sind, in weitere sechs kleinere Felder von 50 ^{cm} Breite getheilt, Das durchgehängte Drahtnetz ist hierbei nur Sicherheits-Verstärkung. Die Rabitzplatte ist 5 ^{cm} stark, sodass jedes Eisen noch umhüllt ist. Die I Träger sind ebenfalls besonders umhüllt. Die Platte hat somit eigentlich nur 50 ^{cm} von Bandeisen zu Bandeisen frei zu tragen. Die Druckbeanspruchung des Mörtels an der Oberkante beträgt 3,75 ^{kg}, d. i. 43fache Sicherheit. Unter jedem Stuhl des Parketts ist aus dieser Fussbodenplatte eine Luftzuführungsöffnung von 44:42 ^{cm} Querschnitt derartig ausgeschnitten, dass die Gipsplatte fortgelassen, jedoch die Drahteinlage durchgehend hergestellt ist. Nur die Gänge sind mit Linoleum belegt.

Bei dem 1890 ausgeführten Umbau des Emil Thomas-Theater zu Berlin sind gleichfalls Rabitz-Konstruktionen in erheblichem Umfange zur Ausführung gekommen. Die Decke des Zuschauerraums von 20 : 24 ^{m} Grösse, eine flache Decke mit grosser Voute und Stichkappen, welche zunächst in Holz geplant war, sollte aufgrund der Vorschriften der Polizei-Verordnung für Theater aus unverbrenn-

*) Die statische Begründung und die sich hiernach ergebende Durchbildung dieser Konstruktionen sind meistens vom (inzwischen verstorbenen) Ingenieur Schlösser in Berlin bearbeitet.

lichem Material hergestellt werden. Ein geringes Gewicht war nöthig, da die ziemlich schwachen Eisenbinder des Daches sich bereits in Arbeit befanden. Die Rabitzplatte wurde an Traversen gehängt, welche 4,90 m von Binder zu Binder frei tragen und 1,50 m von einander entfernt angeordnet wurden. Die 20 cm hohen Traversen bestehen aus einem Bogen aus Rundeisen von 19 mm Stärke und Rabitzmasse als Aussteifung. Die angehängte grosse Rabitzplatte ist durch dreieckförmige Stege mit den Traversen versteift. Die Anordnung wird durch die Skizzen Fig. 1117—1119 erläutert. Der Schnürboden desselben Theaters ist mit ähnlichen, 2,44 m weit gespannten und 60 cm von einander entfernten Traversen hergestellt. Die Traverse besteht aus einem bogenförmigen T Eisen und liegt unterhalb der Rabitzplatte. Die I Träger, welche die Traversen tragen, sind behufs besserer Aufnahme des Seitenschubes der letzteren mit Stehbolzen unter sich verbolzt; vergl. Fig. 1120 u. 1121.

Rissfreie Netzdecken und Netzwände von Prof. Rincklake in Münster i. W. Unter den Deckenbalken wird zunächst loses Jutegewebe befestigt, darauf kommen gegeneinander versetzte Holzlatten, an welchen das Fischnetz in ganzer Grösse der Decke straff ausgespannt, angebunden wird. (Centralblatt d. Bauv. 1901. No. 372.

Das Stauss'sche Drahtziegelgewebe, bereits auf Seite 433 beschrieben, reiht sich hier an.

Fig. 1117.

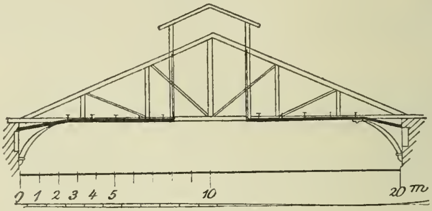


Fig. 1118.

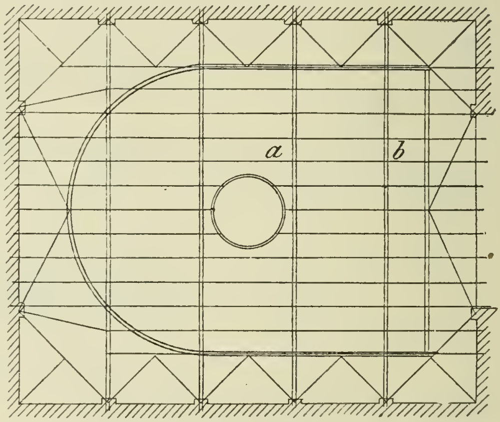


Fig. 1119.

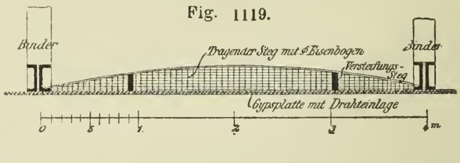
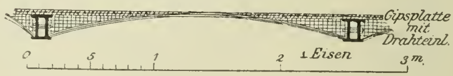


Fig. 1121.



Fig. 1120.



c. Feuerfeste und feuersichere Dächer.

Von den Dachdeckungsmaterialien werden Holzschindel, Stroh, Rohr und Schilf als nicht feuersicher angesehen. Stroh- und Rohrdächer sind noch besonders deshalb sehr feuergefährlich, weil bei einem Brande die brennenden Massen an der Traufe herunter stürzen und dann die Flucht aus den Ausgängen des Hauses versperren. Vergl. die Ausführungen auf S. 354. Diese Dächer ziehen auch, da sie einen grossen Theil des Regenwassers in sich aufnehmen und dasselbe nur langsam abfliessen lassen, den Blitz an und werden, vom Blitze getroffen, sehr leicht gezündet.

Als feuersicher werden die sogen. harten Bedachungen, Ziegel und Schiefer, dann Dachpappe, Holzzement auf Holz-Unterlage sowie die Metall- und Glasdeckungen angesehen. Besonders feuerfest sind die auf S. 222 u. ff. beschriebenen Holzzementdächer auf massiver Unterlage, und sind dieselben daher hauptsächlich zum Eindecken von Theatergebäuden, Speichern und anderen Gebäuden feuergefährlichen oder besonders kostbaren Inhalts zu verwenden. Als massive Unterlage für Holzzementdächer eignen sich auch verschiedene der unter b. beschriebenen neueren Deckenkonstruktionen, sowie auch einige der im Hauptabschnitt I, S. 134 u. ff. beschriebenen flachen Steindecken. Dass das Holzzementdach auch gegen den bei einem Brande entstehenden Rauch und Qualm durchaus dicht schliesst, ist weniger als ein Vortheil anzusehen, da hierdurch der Abzug der Rauchgase nach oben verhindert wird. Es tritt alsdann für die unteren Geschosse und die Treppenhäuser die Gefahr des Verqualmens ein. Es sollten daher die Räume unter Holzzementdächern stets mit genügenden seitlichen Fenstern oder sonstigen Luftöffnungen versehen werden.

Eiserne Dachstühle haben vor den hölzernen Dachstühlen den Vorzug, dass sie dem Feuer selbst keinen Nahrungsstoff bieten und zur Fortpflanzung

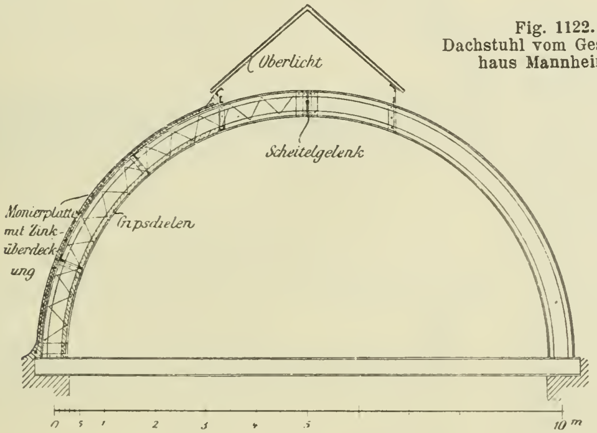


Fig. 1122.
Dachstuhl vom Geschäftshaus Mannheimer.

desselben nicht beitragen. Sie werden daher besonders für die Dächer sehr hoher Gebäude, bei welchen der Druck der Spritzen nicht mehr genügt, sich empfehlen und in Dachräumen, in welchen brennbare Stoffe überhaupt nicht gelagert werden, gegen Feuer vollständig gesichert sein. So werden in neuerer Zeit eiserne Dachstühle für hohe Kirchendächer mit Vorliebe ausgeführt. Auch empfiehlt es sich, bei Wohngebäuden bezw. Miethhäusern, welche im übrigen einen hölzernen Dachstuhl besitzen, wenigstens die höher geführten kuppelartigen oder thurmartigen Aufbauten mit eisernem Dachstuhl auszuführen. Selbst wenn der Wasserstrahl der Spritze den brennenden Dachstuhl eines derartigen Aufbaues noch erreicht, bleibt derselbe wirkungslos, da das Wasser von dem brennenden Holz wieder herabfliesst, ohne in ausreichendem Grade zu löschen.

Werden in Dachräumen brennbare Stoffe aufbewahrt, so wird ein eiserner Dachstuhl nur dann besondere Vorzüge vor dem hölzernen Dachstuhl besitzen, wenn entweder die dünnen Eisentheile feuersicher ummantelt oder noch besser die Anordnung derartig getroffen ist, dass die Binderkonstruktion durch Einlegen einer feuersicheren Zwischendecke vollständig von dem Lagerraum abgeschieden ist. Besonders fehlerhaft würde es sein, an einen gegen Feuer ungeschützten eisernen Dachstuhl mit dünnen Eisenstangen schwere steinerne Deckenkonstruktionen der unteren Geschosse anzuhängen, da das Nachgeben des glühend gewordenen Dachstuhles den Einsturz der angehängten schweren Decke nach sich ziehen würde.

Fig. 1122 stellt einen feuersicheren Dachstuhl dar, welcher vom Arch. Bohm für das zu Werkstattzwecken ausgenutzte Mansardendach des Geschäftshauses Mannheimer zu Berlin ausgeführt ist. Die bogenförmigen Binder, welche mit Scheitelgelenk versehen sind, stehen so nahe aneinander, dass eigentliche Fetten entbehrlich sind. Die an deren Stelle angebrachten ┌-Eisen bilden nur die Längsversteifung. Auf der äusseren Gurtung liegt die Dachdeckung, welche von Monierplatten mit Zinküberdeckung gebildet ist, auf. Zwischen den unteren Gurtungen sind Gipsdielen eingeschoben, so dass unterhalb des Binders eine glatte feuersichere Decke gebildet ist. Der Seitenschub wird durch die I-Träger der Dachbalkenlage aufgehoben. Der durch Oberlicht beleuchtete Arbeits- und Lagerraum ist frei von allen Stützen und für die Zwecke eines Geschäftshauses vorzüglich geeignet.

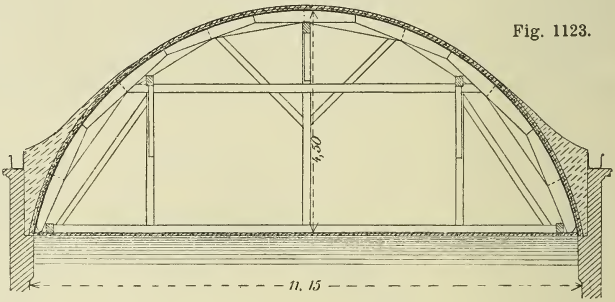


Fig. 1123.

Eig. 1124.

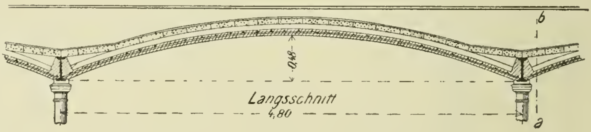


Fig. 1125.

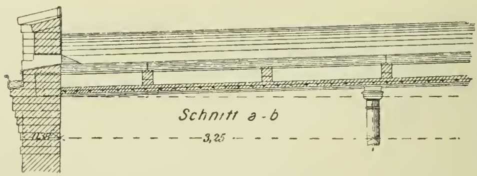


Fig. 1123 giebt das Bild eines ähnlichen halbkreisförmigen Daches, das überhaupt keinen Binder hat, vielmehr aus einem einzigen halbkreisförmigen Tonnengewölbe als Moniergewölbe konstruirt ist. Die Uebermauerung des Gewölbes ist so angenommen, dass die Stützlinie mit dem Kreisbogen zusammenfällt. Die eiserne Dachbalkenlage muss ebenfalls den Seitenschub aufnehmen. Die eingetragene Holzkonstruktion stellt den Binder für das Lehrgerüst des Gewölbes dar. Um das Dach gegen die Witterungseinflüsse noch undurchlässiger herzustellen, wird es sich empfehlen, über dem Moniergewölbe noch eine Lage Gipsdielen und doppelte Asphaltpappe, wie bei den Dächern Fig. 1124—29 angegeben, herzustellen. Diese Dächer, welche für Ställe und Fabrikgebäude bereits mehrfach Verwendung gefunden haben, sind ebenfalls unter Benutzung von Monier-Konstruktionen und Gipsdielen-Isolirung hergestellt. Das Dach Fig. 1124 u. 25 hat Monierkappen von 4,80 m Spannweite nach der Tiefe des Gebäudes. Ueber denselben liegt die Dachschalung, welche aus Gipsdielen gebildet ist, der Neigung der Gewölbe folgt und durch eine Luftschicht von der Monierkappe isolirt wird. Die eigentliche Dachdeckung bildet Asphaltpappe.

Bei der zweiten Anordnung, Fig. 1126 und 1127, ist die Gipsdielenschalung in eine gerade Fläche gelegt. Die dritte Anordnung, Fig. 1128 und 1129 zeigt ein ähnliches Dach von flacher Dachneigung, aber mit geraden Monierplatten als tragender Konstruktion.

Der Vorzug dieser Dächer vor der blossen Metallkonstruktion, wie z. B. Wellblechdächern, beruht auf der grösseren Feuersicherheit, und der Sicherheit gegen den Angriff des Rostes. Bei der guten Isolirung gegen die Kälte beschlagen die Dächer auf der Unterseite nicht. Ausgeführt sind derartige Bogendächer aus Moniermasse u. a. bei den umfangreichen Schlachthausbauten zu Wien und in der Glasfabrik zu Stralau. Bei letzterem Bau sind Monier-Bogendächer bis zu 15,5 m Spannweite freitragend ausgeführt. Selbstverständlich muss der Seitenschub derartiger weit gespannter Bögen gleich wie bei bombirten Wellblechdächern durch eiserne Zugstangen aufgehoben werden.

Als interessantes Beispiel sei ferner hier die Konstruktion der Monierkuppel über dem Mausoleum des Kaisers Friedrich in Potsdam angeführt, von 8 m Durchmesser. Die Kuppel besteht, wie die Fig. 1130a und b zeigt aus 10 Tragrippen mit einer doppelten Monierhaut. Die Hohlräume zwischen den Wänden und Rippen sind zur Aufnahme des wagerechten Schubes bis zu 2,5 m Höhe mit Lehm ausgefüllt. Auch die Laterne ist nach der Monierbauweise hergestellt. Die Kuppel ist innen mit Marmor, aussen mit Sandstein verblendet, macht also den Eindruck einer massiven Konstruktion.

Eig. 1126 u. 1127.

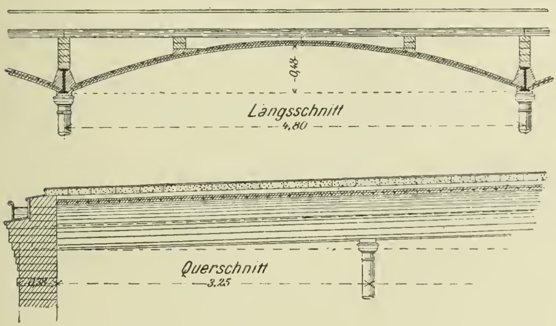
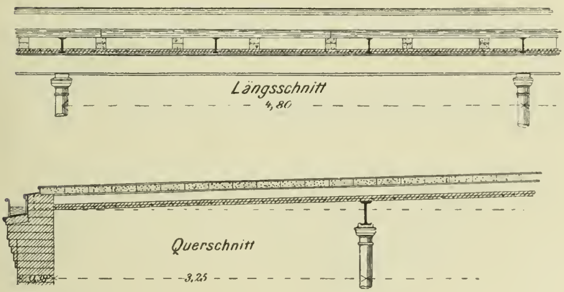


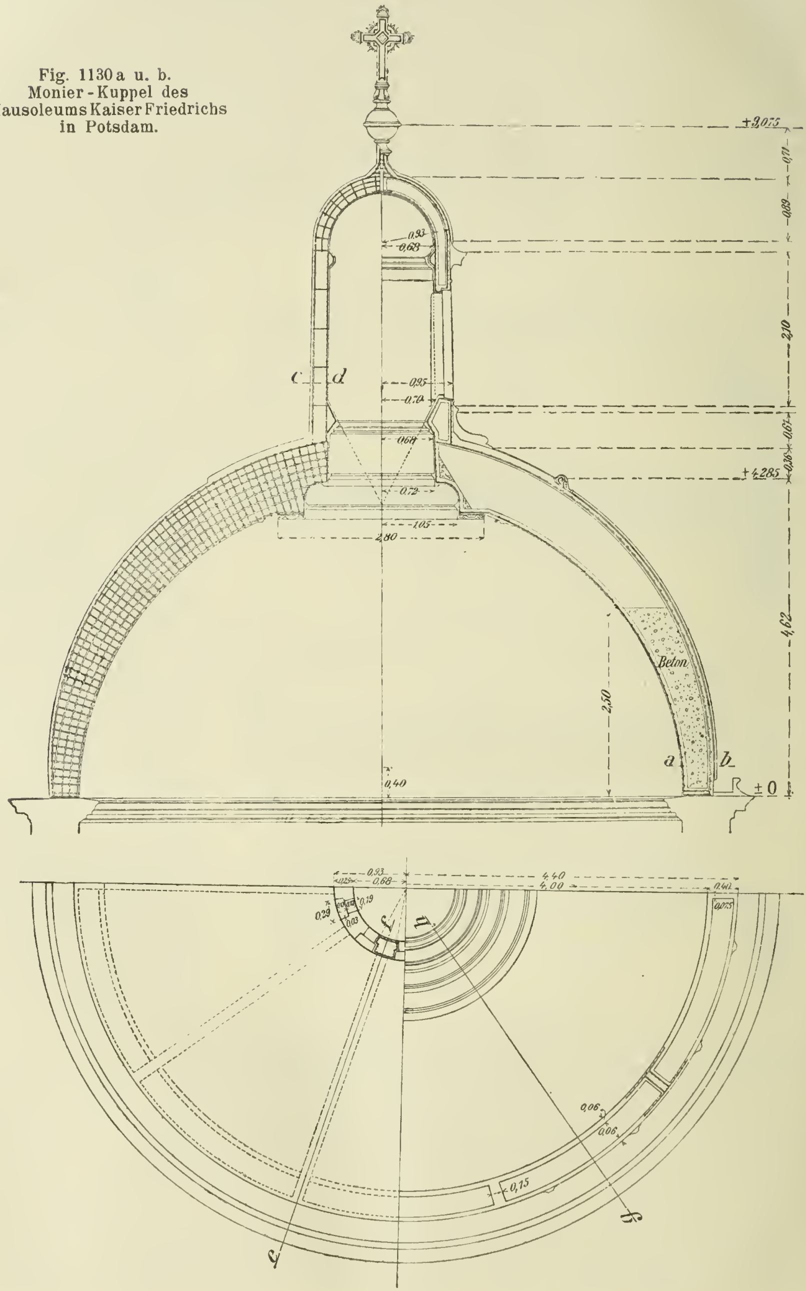
Fig. 1128 u. 1129.



In derselben Weise wie die Monier-Konstruktion lassen sich auch die Mehrzahl der im Abschnitt b angeführten Betoneisendecken in flacher oder gekrümmter Form zur Herstellung der Dächer anwenden, wobei ebenfalls eine äussere Eindeckung mit Dachpappe in einfacher oder doppelter Lage das üblichste ist. Es ist hierbei, im Gegensatz zu den Decken-Konstruktionen nur nothwendig bei grösseren Flächen für Ausgleichfugen zu sorgen, um die Ausdehnung durch Wärme unschädlich zu machen.

Es lassen sich dabei alle gewünschten Formen des Daches unschwer herstellen und auch die tragenden Eisenkonstruktionen, wie das schon bei der Monierbauweise gezeigt wurde, vollständig durch Betoneisen ersetzen. Namentlich gestattet hier wieder das System Hennebique in einfacher Weise alle Formen herzustellen, die wir vom Holzbau her gewöhnt sind. Mit Rücksicht auf die grossen Spannweiten, welche solchen Konstruktionen gegeben werden kann, ist es möglich mit denselben (auch bei Sattel-, Pult- und Mansarden-Dächern) völlig stützenfreie Dachräume herzustellen. Die Anordnungen lassen sich aus den Deckenformen in sinngemässer Weise entwickeln, sodass auf die Wiedergabe weiterer Beispiele an dieser Stelle verzichtet werden kann.

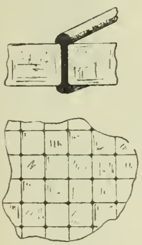
Fig. 1130 a u. b.
Monier-Kuppel des
Mausoleums Kaiser Friedrichs
in Potsdam.



VII. Feuersichere Glasabschüsse für Dachflächen, Wand- und Deckenöffnungen.

Siemens'sches Drahtglas. Das von der Aktiengesellschaft für Glas-Industrie, vormals Siemens zu Dresden seit 1892 in den Handel gebrachte, vielfach verwandte sogen. „Drahtglas" besteht aus Glasplatten, welche in noch flüssigem oder plastischem Zustande mit einer Einlage eines Drahtnetzes derartig versehen sind, dass die Glassmasse allseitig das Drahtnetz umschliesst. Die Metalleinlage vermindert die Sprödigkeit des Glasmaterials, insofern von derselben bei Druck- oder Stossbeanspruchung die Zugkräfte, ähnlich wie bei einer Monierkonstruktion, aufgenommen werden. Ebenso ist der Widerstand des Materials gegen den Angriff des Feuers, wie dies die Stude'schen Brandversuche erwiesen haben, erheblich höher, als bei gewöhnlichem Rohglase. Bei diesen Versuchen sind Drahtglasplatten als Lichtscheibe in einem Treppenpodest, als seitliche Verglasung in der Oeffnung einer Treppenhauswand und als Dachoberlicht erprobt worden und haben Hitzegraden bis zu 1000 und 1300° C. widerstanden, ohne dass eine vollständige Zerstörung eintrat. Die grosse Feuersicherheit des Materials wird seine Verwendung in Oeffnungen von Brandmauern, in feuersicheren Thüren, in Fenstern, die von Lagerräumen nach Lichtschachten führen, in Verbindungsöffnungen zwischen Treppenhäusern und inneren Räumen usw. empfehlenswerth machen. Der grosse Widerstand gegen Belastungen und Stösse hat zur Benutzung für Oberlichte in den Fussböden von Höfen, Markthallen und vor allem auch als Belag zu Zwischendecken für Büchermagazine in Bibliothekräumen und Archiven Veranlassung gegeben. Für die Verglasung von Dachoberlichten bietet das Drahtglas den Vortheil, dass es in den meisten Fällen den Schutz des unter den Oberlichten verkehrenden Publikums gegen Glasbruch, zu dem bisher besondere unterhalb oder oberhalb der Oberlichtflächen angebrachte Drahtnetze verwendet wurden, entbehrlich macht. Namentlich die Unterhaltung derartiger besonderer Drahtnetze ist bekanntlich mit Weiterungen verknüpft.

Fig. 1131a u. b.



Allerdings ist bei Verwendung von Drahtglas zu grösseren und zusammengesetzten Oberlichtanordnungen zu beachten, dass die einzelnen Glastafeln genau passrecht für die Oeffnungen der Eisenkonstruktion geliefert und erforderlichenfalls besonders in der Fabrik hergestellt werden müssen. Drahtglas lässt sich zwar schleifen, bohren und poliren, doch stösst das Schneiden mit dem Diamanten auf Schwierigkeiten. Auch muss die seitliche Blosslegung des Drahtgewebes infolge nachträglicher Durchschneidung der Tafeln vermieden werden, um das Rosten der Metalleinlage zu verhindern.

Gleich vortheilhaft zum feuersicheren Verschluss von Lichtöffnungen ist das aus Amerika eingeführte Elektroglas (vergl. Fig. 1131a u. b) zu verwenden, das sich bei gleicher Widerstandsfähigkeit durch grössere Lichtdurchlässigkeit und gutes Aussehen auszeichnet. Das Elektroglas besteht aus quadratischen etwa $^{10}/_{10}$ cm grossen Glasplatten, die in Kupfersprossen in besonderer Weise gefasst sind. Die Glasplatten werden nämlich zunächst durch flache Kupferstreifen getrennt, welche auf galvanischem Wege mit einem Wulst beiderseits der Glasfläche versehen werden, der diese nunmehr fest umfasst. Durch diese ausserordentlich feste Fassung setzt das Glas dem Feuer grossen Widerstand entgegen. In gleicher Weise können auch prismatisch geformte Glasplatten Luxferprismen gefasst werden. Eine solche Konstruktion ist gleichzeitig sehr geeignet, die Beleuchtung von Kellerräumen und tiefen Arbeitsräumen wesentlich zu verbessern. Es werden verschieden geneigte Prismenplatten hergestellt, die je nach Lage der Lichtquelle und der zu beleuchtenden Raumstelle ausgewählt werden können. Die Form der Prismen giebt Fig. 1132a u. b wieder.

Glasbausteine haben sich bei Brandproben nicht in gleichem Maasse widerstandsfähig erwiesen, sind in Berlin daher für Brandmauern noch nicht zugelassen.

Das kgl. bayerische Staatsministerium des Inneren hat dagegen bestimmt, dass die mit Draht übersponnenen mindestens 10 cm starken Glasbausteine (System Falconnier) als Ersatz für Ziegel oder anderes Mauerwerk auch für Brandmauern in einer Fläche bis zu 1 qm dann zugelassen werden dürfen, wenn durch Herstellung von Entlastungsbögen jeder Druck des Mauerwerks auf die Glasfläche aufgehoben wird. Ebenso ist in Württemberg die Anwendung von Glasbausteinen in Flächen bis 1 qm gestattet worden.

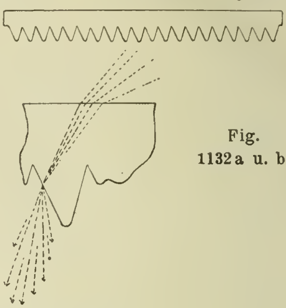


Fig. 1132 a u. b.

Englisches Drahtglas hat sich nach einem Bericht des British Fire Prevention Committee gut bewährt.

VIII. Feuersichere und feuerfeste Treppen.

a. Hölzerne Treppen.

Hölzerne Treppen stehen solchen aus unverbrennlichem Material hinsichtlich der Feuersicherheit nur wenig nach. Der Rückzug der Bewohner eines Hauses auf der Treppe ist überhaupt nur ausführbar, so lange das Treppenhaus noch nicht von Rauch und Qualm erfüllt, bezw. von der Stichflamme erreicht ist. Dem Nachtheil, dass die hölzernen Treppengeländer und Wangen der Stichflamme weitere Nahrung bieten, steht der Vortheil gegenüber, dass hölzerne Treppen für die Löschmannschaften noch begehbar bleiben, bis die tragenden Holztheile thatsächlich durchgebrannt sind. Sehr zu empfehlen, und in Berlin durch die Baupolizei-Ordnung vorgeschrieben, ist die feuersichere Bekleidung der Unterseite der hölzernen Läufe und Podeste mit Rohrputz oder ähnlichem Putz. Die profilirten Treppenwangen und Podestbohlen bilden die Einrahmung dieser Putzbekleidung; es lässt sich auch eine angenehme architektonische Erscheinung der geputzten Unterseiten durch angemessene Bemalung derselben erzielen.

b. Steinerne, gemauerte und Kunstsandstein-Treppen.

Von den massiven, aus Stein und aus Stein mit Zuhilfenahme von Eisen hergestellten Treppen sind die freitragenden Treppen, bei welchen die Stufen nur mit einem Ende in der Mauer befestigt sind, die am wenigsten feuersicheren. Besonders schlecht hat sich Granit, welches als festestes Steinmaterial, das auch am wenigsten der Abnutzung unterworfen ist, vielfach zu Treppenstufen bevorzugt wurde, im Feuer bewährt. Wie bei Bränden und auch bei den Stude'schen Brandproben sich erwiesen hat, springen die Granitstufen unter der Einwirkung der Stichflamme und des Spritzwassers. Die des Haltes beraubten Stufen fallen herab und werden den Löschmannschaften gefährlich. Freitragende Treppen sind daher in Theatergebäuden durch die betr. preussische Polizei-Verordnung ausdrücklich verboten. Desgleichen werden freitragende Granitstufen nach den Vorschriften der neuen Baupolizei-Ordnung für die Vororte Berlins selbst für Wohnhausbauten nicht mehr zugelassen.

Bei der Unterstützung des Aussenendes einer Hausteinstufe hat man die Wahl zwischen vollen Mauern, durch Gurtbögen durchbrochenen bezw. in Stützen aufgelösten Mauern und eisernen Trägern. Abgesehen von der Schädigung der räumlichen Wirkung eines Treppenhauses hat die vollgemauerte Mittelwange den Nachtheil, dass auf der Treppe sich begegnende Personen an dem Podest zusammen treffen, ohne sich vorher gesehen zu haben. Ihre Anwendung wird sich daher auf Theater, Versammlungsgebäude usw. beschränken, in welchen der Menschenstrom vor oder nach der Vorstellung sich nur nach einer Richtung bewegt.

Hausteintreppen mit durch Gurtbögenöffnungen durchbrochenen, oder ganz in Stützen aufgelösten Mittelwangen, mit oder ohne Unterwölbung der Treppenläufe, finden hauptsächlich in öffentlichen Gebäuden bei grösseren räumlichen Abmessungen Verwendung. Es ist wohl bei besonders feuerfestem Ausbau des

Hauses und geringerer Feuergefährlichkeit des Inhaltes desselben unbedenklich, die angrenzenden Flure mit dem Treppenhaus durch weite Bogenöffnungen zu verbinden und hierdurch eine malerische und zugleich weiträumige Flur- und Treppenanlage zu erzielen. Dagegen wird im Interesse der Feuersicherheit durch die Berliner Bauordnung vorgeschrieben, dass die Mauern der Treppenhäuser nur von den nothwendigen Oeffnungen unterbrochen werden dürfen, was für mehrgeschossige Miethhäuser, Fabriken usw. jedenfalls zweckmässig ist. Vergl. die Ausführungen unter I. und II. des gegenwärtigen Abschnittes, S. 353 ff.

Die Unterstützung des äusseren Endes von Hausteinstufen durch einen eisernen, von Podest zu Podest frei liegenden Träger sichert die Standfestigkeit der Treppe selbstverständlich nur, so lange das Treppenhaus nicht von einer

Fig. 1133.

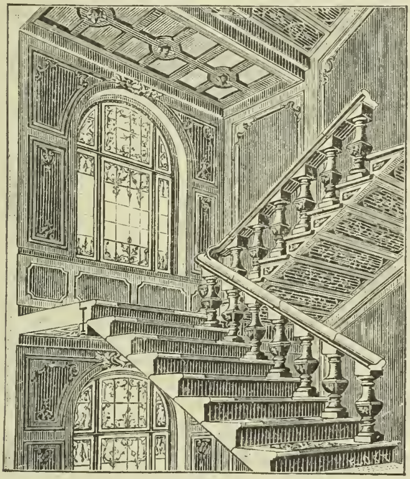


Fig. 1134—1136.

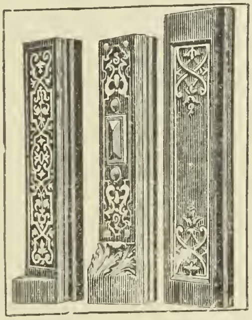
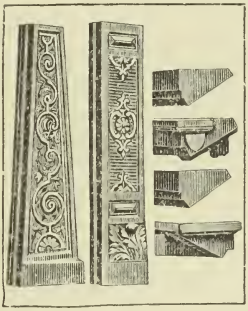


Fig. 1137—1142.



Stichflamme erreicht wird, welche das Eisen glühend macht und Formveränderungen, besonders ein seitliches Durchbiegen der Eisenwangen hervorruft.

Die gewöhnliche, in Berlin besonders häufig ausgeführte feuerfeste Treppenanordnung ist die mit gewölbten Podesten und steigenden Gewölben unter den Läufen, welche zwischen den I Trägern der Podeste eingespannt sind. Die Gewölbe werden $^1/_2$ Stein stark in Zementmörtel ausgeführt. Die quer von Umfassungswand zu Umfassungswand reichenden Eisenträger liegen nur mit dem Unterflansch frei, werden im übrigen vom Gewölbemauerwerk umschlossen und bieten daher der Stichflamme wenig Angriffsfläche.

Kunstsandstein-Treppen. Kunstsandstein ist ein Fabrikat, welches aus einem Gemisch von Quarzkies, feinem Sande, Kalk und Portlandzement hergestellt, in die entsprechenden Formen gebracht und durch Wasserdruck oder durch Stampfen fest eingepresst wird. Der Kunstsandstein wurde zunächst hauptsächlich als Ersatz des Sandsteins für die Verblendung von Gebäudefronten verwendet. Eine besondere Ausbildung hat derselbe später durch seine Verwerthung zu massiven Treppenstufen erfahren. Die Stufen aus Kunstsandstein werden nicht nur auf beiden Seiten auflagernd, sondern auch einseitig eingemauert und freitragend verwendet. Ihre Festigkeit wird durch Einbettung von Eiseneinlagen

in den Beton wesentlich verstärkt. Die Anordnung und die Wahl der Flach- oder Profil-Eisen sowie deren Anzahl, ist sehr verschiedenartig von den einzelnen Fabrikanten getroffen worden.

Bei einseitig eingemauerten Stufen wird der in die Mauer eingreifende Theil der Stufe zweckmässig als volles Vierkant hergestellt. Der Uebergang vom Vierkant zu dem dreieckförmigen Querschnitt wird vielfach durch einen konsolartigen Körper gebildet, vergl. Fig. 1134 und 1135, sowie 1137 und 1138. Bei besseren Treppen ist auch die Unterfläche jeder Stufe, sowie auch die Stirnseite verziert, ohne dass diese Verzierungen den Preis nennenswerth erhöhen. Fig. 1139 bis 1141 zeigen verschiedene Ausbildungen der Stufen in der Unter- und Seitenansicht. Am zweckmässigsten wird man die Kunstsandsteinstufen nur für die eigentlichen Treppenläufe verwenden und die Podeste als flache Kappen, Kleine'sche Decke oder Kreuzgewölbe zwischen I Trägern oder Gurtbögen wölben. Die I Träger der Podeste lassen sich in leichter und angemessener Weise durch die anschliessenden Austrittsstufen ummanteln, so dass sie dem Angriff des Feuers entzogen sind.

Freitragende Schönweide'r Sandsteinstufen von 1,25 m Ausladung haben Probebelastungen mit dem 5 fachen der üblichen beweglichen Last ohne Schaden ausgehalten. Eine Treppe aus demselben Material hat einem Schadenfeuer in der Krausen-Str. 39 zu Berlin so weit Stand gehalten, dass die an einer Seite in der Wand eingemauerten Stufen infolge des Angriffs der Stichflamme und des kalten Wasserstrahls nur einzelne feine Haarrisse und Sprünge erhielten, während der Walzträger, welcher das Ende der Stufen unterstützte, infolge Erglühens sich in einem Bogen von 20 cm Stichhöhe seitwärts krümmte und somit einem Theil der Stufen das Auflager entzog. Auch bei einem Unfall gelegentlich des Versetzens einer Podesplatte vermochte die niederstürzende Podestplatte einzelne der unmittelbar betroffenen, frei auskragenden Stufen zwar theilweise zu zerstören, doch erfolgte der Bruch so, dass ein Theil des Betons dieser Stufen immer noch unversehrt blieb und die Eiseneinlage nur durchgebogen wurde. Auch die Stude'schen Brandproben haben die grosse Feuersicherheit der Kunstsandsteinstufen gegenüber den Granitstufen erwiesen. — Leider sind Stufen aus festem quarzhaltigem natürlichem Sandstein, z. B. Wesersandstein, bei den Proben nicht zum Vergleich eingebaut und dem Feuer ausgesetzt worden.

In Berlin sind einigen Firmen allgemeine Genehmigungen zur Herstellung von Kunstsandsteinstufen ertheilt worden. Die Grösse der zulässigen Spannweite ist von der Stärke und der Lage des in die Stufen eingebetteten Eisens abhängig und wird durch Berechnung und Probebelastung festgesetzt. Der Geschäftsgang für die Ertheilung der allgemeinen Genehmigung ist der gleiche wie bei den neueren Decken-Konstruktionen (vergl. Seite 454).

c. Eiserne Treppen.

Als feuersichere Treppen kommen hauptsächlich nur solche aus Schmiedeeisen inbetracht.

Nach der Berliner Bauordnung wird eine eiserne Treppe als „feuerfest" angesehen, wenn die sämmtlichen tragenden Theile, Tritt- und Futterstufen in Eisen hergestellt sind; die Stufen können dann auch mit Holz belegt werden. Den eisernen Treppen kann aber eine besondere Feuersicherheit nur dann beigelegt werden, wenn die tragenden Wangen mit Eisendraht umflochten und stark mit Zement oder Gips umputzt werden und die Unterseite der Stufen gleichfalls durch Drahtputz gegen den unmittelbaren Angriff des Feuers geschützt wird. Der Drahtputz kann unterseitig auch durch Wellblech ersetzt werden, wenn letzteres mit einer Betonüberlage die Stufen aus Stein oder Beton trägt. Aehnliche Treppen sind auch hin und wieder in Berlin für Fabrikgebäude mit glattem Blech hergestellt, derartig, dass der Raum zwischen der schrägen, durchgehenden unteren Blechwand und der aufgesetzten, vorderen senkrechten Blechwand der Trittstufe mit Beton aufgefüllt wurde. Das Umhüllen von eisernen Treppen mit Feuerschutzmitteln macht die sonstigen Vorzüge der Eisenkonstruktion, nämlich die Leichtigkeit und das gefällige Aussehen derselben, illusorisch und ist deshalb bisher auch nur selten zur Ausführung gebracht.

d. Treppen in Betoneisen-Konstruktion.

In neuerer Zeit werden auch Treppenanlagen in Betoneisen-Konstruktion ausgeführt. Diese haben vor den gewölbten Treppen den Vorzug geringerer Konstruktionshöhe und grösserer Leichtigkeit, vor den eisernen Treppen den Vorzug grösserer Feuersicherheit. Ebenso wie bei den Wänden, Stützen, Decken und Dächern ist bei der Ausbildung immer zu unterscheiden, ob das Eisen noch als selbständig tragender Konstruktionstheil erforderlich ist, oder nur zur Aufnahme der Zug- und Druckspannungen dient. Zu den ersteren Konstruktionen gehören die Ausführungen nach der Monierbauweise, wenigstens soweit die Benutzung der Monierplatte infrage kommt.

Fig. 1143a. Moniertreppe in der Glasfabrik Stralau.

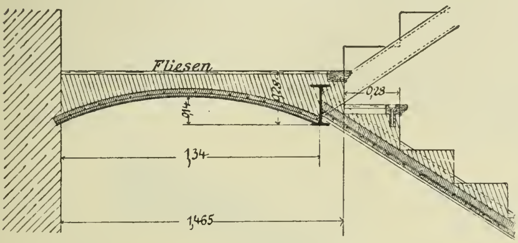


Fig. 1143b. Ausschnitt der Stufe.

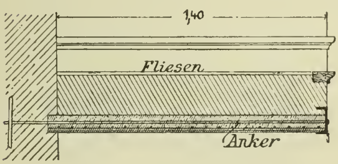


Fig. 1143a und b stellen eine Treppe dar, wie dieselbe im Gebäude der Glasfabrik Stralau, dem Proviantamt Köpenicker-Str. zu Berlin und auf dem Zementwerk Saldern bei Braunschweig ausgeführt ist. Die Podeste sind als Moniergewölbe, die Läufe als gerade Monierplatten zwischen eisernen Wangen hergestellt.

In der Treppe, Fig. 1144, im Magazin des Garnison-Lazareths Tempelhof ausgeführt, bestehen die Läufe aus steigenden Monierbögen mit Betonüberschüttung. Die Podeste sind aus zwei Monierplatten mit Hohlraum dazwischen hergestellt.

Fig. 1144. Moniertreppe im Garnisonlazareth Tempelhof.

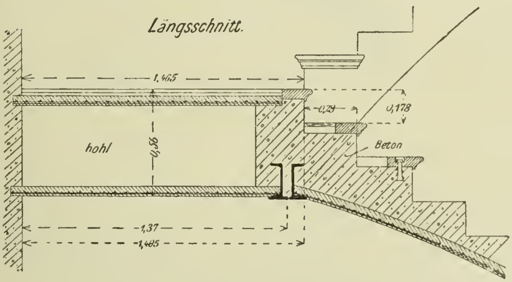


Fig. 1145 stellt die am Neubau des Justizpalastes zu Köln anstelle massiver Gewölbe ausgeführte Monier-Konstruktion für die drei Läufe der Haupttreppe dar. Die steigende Tonne mit zwei Stichkappen wird durch die Stege verstärkt, welche in den Graten liegen; sie ist in der Mitte mit Schwemmsteinen, im übrigen mit Konkret übermauert und trägt die Hausteinstufen.

Einen Uebergang zu den eigentlichen Betoneisen-Ausführungen bildet eine Anordnung, wie sie im Neubau der Geschäftshäuser, des Land- und Amtsgerichts I zu Berlin ausgeführt worden ist. Die Ausbildung an den Nebentreppen zeigt Fig. 1146. Die im mittleren Theile gekrümmten Treppenläufe werden von festen Wangen getragen, die als genietete Träger ausgebildet sind und an den Knickpunkten des Treppenlaufes von eingespannten Auslegern unterstützt werden. Auf dem Unterflansch dieser Wange einerseits und einem an der Treppenwand befestigten L Eisen ruhen Monierplatten, welche die Unterlage für die in Stampfbeton hergestellten Stufen bilden, die zur Aufnahme von verdrehenden Spannungen, welche sich aus der gekrümmten Treppenform ergeben, ein kräftiges Rundeisen enthalten, das mit den Wangen fest verbunden ist. Letztere sind ebenfalls mit Beton umhüllt, sodass das Ganze als eine zusammenhängende Platte wirkt und ausserdem im

Aeusseren als Massivbau erscheint. Die Stufen sind mit Profileisen eingefasst und mit Linoleum abgedeckt.

Das System Hennebique weist auch im Treppenbau eine Reihe bedeutender Ausführungen der vorstehend genannten zweiten Art auf, bei welcher das Eisen als Träger ausscheidet. Die Treppenwangen, Podeste, Stufen werden in derselben Weise ausgebildet, wie das bei den Decken gezeigt worden ist. Ein besonders kühnes Beispiel ist die gekrümmte Treppe, welche im kleinen Kunstpalast in Paris*) (ausgeführt zur Weltausstellung 1900) völlig freischwebend in einer Rotunde von 12,4 m Durchmesser hergestellt ist. Die beiden Wangen dieser Treppe haben 50 cm Höhe bei 16 cm Dicke und enthalten drei Systeme von Eiseneinlagen von je 30 mm starken Rundstäben, die in der üblichen Weise, wie Fig. 1099, S. 466 zeigt, angeordnet sind. Die zwischen den Wangen liegende Platte von 1,10 m Breite hat eine Stärke von 10 cm. Die Treppe stützt sich unten auf Fundamente, während sie oben an eine freischwebende Galerie anschliesst, die in gleicher Weise ausgebildet ist. Die Stufen sind auf dieser Platte in Stampfbeton aufgesetzt und mit Marmor verkleidet, eben so wie die Wangen.

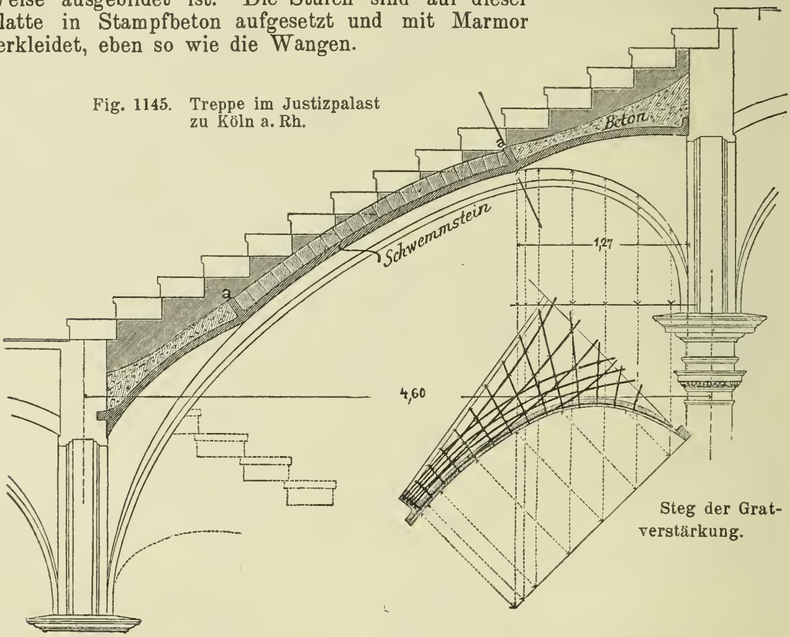


Fig. 1145. Treppe im Justizpalast zu Köln a. Rh.

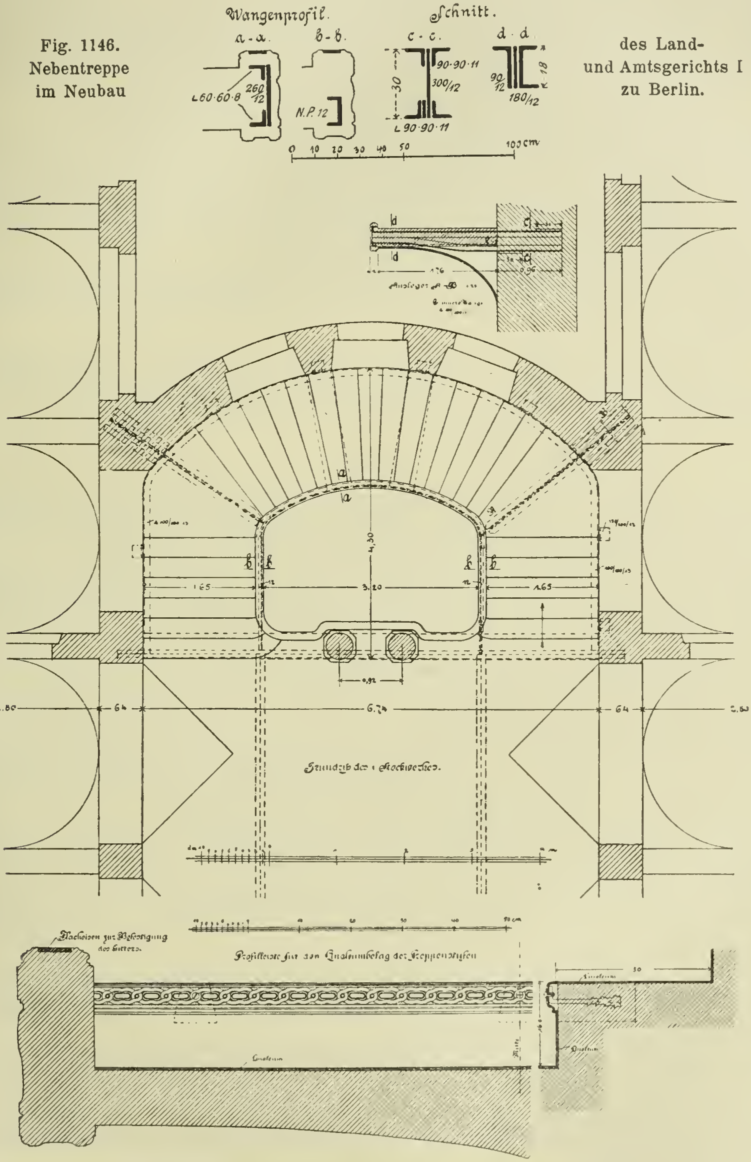
Ebenso wie die Monierplatte zwischen eisernen Wangen lassen sich auch verschiedene der vorbeschriebenen ebenen Deckensysteme zur Herstellung von Treppenläufen und Podesten verwenden. Es bietet diese Anordnung dieselben Vortheile, wie sie bei den Decken inbezug auf Feuersicherheit und Tragfähigkeit geltend gemacht werden konnten.

In den vorstehenden Kapiteln ist die Anwendung namentlich der Betoneisen-Konstruktionen in ihrer Anwendung auf den Aufbau der Wände, Stützen, Decken und Dächer im Einzelnen aufgeführt worden. Es sind aber mehrfach kleinere Bauten schon früher in ihrem ganzen Umfange nach der Monierbauweise hergestellt worden, während in den letzten Jahren, insbesondere seit der Einführung und weiteren Verbreitung der Hennebique-Bauweise eine ganze Reihe von grösseren Bauten, namentlich Fabriken und Lagerhäuser, zumtheil auch Wohnhäuser in dieser Bauweise entstanden sind, bei welchen der gesammte Konstruktions-Aufbau unter

*) Vergl. Génie civil 1899 u. Zeitschrift d. österr. Ing.- u. Arch.-Vereins 1901.

Ausschluss aller tragenden Holz- bezw. reinen Eisen-Konstruktionen ausschliesslich in Betoneisen ausgeführt worden ist. In Deutschland finden wir solche Ausführungen nur in Frankfurt a. M., Düsseldorf, Hamburg, Leipzig, während die

Fig. 1146. Nebentreppe im Neubau des Land- und Amtsgerichts I zu Berlin.



Schweiz und namentlich Frankreich wieder eine besonders reiche Auswahl auf diesem Gebiete aufweisen. Wir müssen uns darauf beschränken auf die einschlägige Fachlitteratur zu verweisen. Mittheilungen finden sich in der Mehrzahl der bedeutenderen technischen Blätter um die Wende des Jahrhunderts. —

IX. Die Gebäudeblitzableiter.

Bearbeitet von Wilhelm Vogel, Ingenieur in Nürnberg.

Litteratur.

von Urbanitzky, Blitz- und Blitzschutzvorrichtungen, 1886. — Buchner, Die Konstruktion und Anlegung von Blitzableitern, 1887. — Die Blitzgefahr No. 1 und No. 2, vom Elektrotechnischen Verein zu Berlin, 1891. — Findeisen, Rathschläge über den Blitzschutz der Gebäude, 1899. — Mix & Genest, Akt.-Ges., Berlin, Anleitung zum Bau elektrischer Haustelegraphen-, Telephon- und Blitzableiter-Anlagen, 1899. — Lindner, Der Blitzschutz, 1901. — Verschiedene Aufsätze in Fachzeitschriften, namentlich Elektrotechnische Zeitschrift, Berlin. —

Anhand einer umfangreichen Statistik und aufgrund eingehender Untersuchungen und Berathungen sind im Jahre 1901 vom „Elektrotechnischen Verein zu Berlin" nachstehende „Leitsätze über den Schutz der Gebäude gegen den Blitz" aufgestellt worden. Ausführliches hierüber ist in den im obigen Litteraturvermerk mitgenannten Schriften „Die Blitzgefahr No. 1 und No. 2", „Findeisen, Ratschläge über den Blitzschutz der Gebäude" und „Elektrotechnische Zeitschrift 1901" zu finden.

Ueber Blitzschutzvorrichtungen elektrischer Stark- und Schwachstromanlagen vergl. im 2. Theil des Bandes: „Grundzüge der Elektrotechnik, Haus-Telegraphie und -Telephonie".

Die Leitsätze lauten:

1. Der Blitzableiter gewährt den Gebäuden und ihrem Inhalte Schutz gegen Schädigung oder Entzündung durch den Blitz. Seine Anwendung in immer weiterem Umfange ist durch Vereinfachung seiner Einrichtung und Verringerung seiner Kosten zu fördern.

2. Der Blitzableiter besteht aus:
   a. den Auffangevorrichtungen,
   b. den Gebäudeleitungen und
   c. den Erdleitungen.

a. Die Auffangevorrichtungen sind emporragende Metallkörper, -Flächen oder -Leitungen. Die erfahrungsgemässen Einschlagstellen (Thurm- oder Giebelspitzen, Firstkanten des Daches, hochgelegene Schornsteinköpfe und andere besonders emporragende Gebäudetheile) werden am besten selbst als Auffangevorrichtungen ausgebildet, oder mit solchen versehen.

b. Die Gebäudeleitungen bilden eine zusammenhängende metallische Verbindung der Auffangevorrichtungen mit den Erdleitungen; sie sollen das Gebäude, namentlich das Dach, möglichst allseitig umspannen und von den Auffangevorrichtungen auf den zulässig kürzesten Wegen und unter thunlichster Vermeidung schärferer Krümmungen zur Erde führen.

c. Die Erdleitungen bestehen aus metallenen Leitungen, welche an den unteren Enden der Gebäudeleitungen anschliessen und in den Erdboden eindringen; sie sollen sich hier unter Bevorzugung feuchter Stellen möglichst weit ausbreiten.

3. Metallene Gebäudetheile und grössere Metallmassen im und am Gebäude, insbesondere solche, welche mit der Erde in grossflächiger Berührung stehen, wie Rohrleitungen, sind thunlichst unter sich und mit dem Blitzableiter leitend zu verbinden. Insoweit sie den in den Leitsätzen 2, 5 und 6 gestellten Forderungen entsprechen, sind besondere Auffangevorrichtungen, Gebäude- und Erdleitungen entbehrlich. Sowohl zur Vervollkommnung des Blitzableiters als auch zur Verminderung seiner Kosten ist es von grösstem Werth, dass schon beim Entwurf und bei der Ausführung neuer Gebäude auf möglichste Ausnutzung der metallenen Bautheile, Rohrleitungen und dergl. für die Zwecke des Blitzschutzes Rücksicht genommen wird.

4. Der Schutz den ein Blitzableiter gewährt, ist um so sicherer, je vollkommener alle dem Einschlag ausgesetzten Stellen des Gebäudes durch Auffangevorrichtungen geschützt, je grösser die Zahl der Gebäudeleitungen und je reichlicher bemessen und besser ausgebreitet die Erdleitungen sind. Es tragen aber auch schon metallene Gebäudetheile von grösserer Ausdehnung, insbesondere solche, welche von den höchsten Stellen der Gebäude zur Erde führen, selbst wenn sie ohne Rücksicht auf den Blitzschutz ausgeführt sind, in der Regel zur Verminderung des Blitzschadens bei. Eine Vergrösserung der Blitzgefahr durch Unvollkommenheiten des Blitzableiters ist im allgemeinen nicht zu befürchten.

5. Verzweigte Leitungen aus Eisen sollen nicht unter 50 ^{qmm}, unverzweigte nicht unter 100 ^{qmm} stark sein. Für Kupfer ist die Hälfte dieser Querschnitte ausreichend; Zink ist mindestens vom ein- und einhalbfachen, Blei vom dreifachen Querschnitt des Eisens zu wählen. Der Leiter soll nach Form und Befestigung sturmsicher sein.

6. Leitungsverbindungen und Anschlüsse sind dauerhaft, fest, dicht und möglichst grossflächig herzustellen. Nicht geschweisste oder gelöthete Verbindungsstellen sollen metallische Berührungsflächen von nicht unter 10 ^{qcm} erhalten.

7. Um den Blitzableiter dauernd in gutem Zustande zu erhalten, sind wiederholte sachverständige Untersuchungen erforderlich, wobei auch zu beachten ist, ob inzwischen Aenderungen an dem Gebäude vorgekommen sind, welche entsprechende Aenderungen oder Ergänzungen des Blitzableiters bedingen.

Für die Gefährdung durch den Blitz konnte in der letzten Hälfte des abgelaufenen Jahrhunderts eine Zunahme festgestellt werden, und zwar hat man beobachtet, dass die in der Ebene vereinzelt stehenden Gebäude, die Gebäude an Flüssen und Seen, auf Bodenerhebungen, ferner die über die Durchschnittshöhe der

Gebäude einer Stadt hervorragenden Thürme und Schornsteine am häufigsten getroffen werden. Von besonderer Bedeutung ist, wie weiterhin erklärt, auch die Bauart der Gebäude.

In grossen Städten, namentlich in solchen mit oberirdischen Telephon- und Strassenbahnleitungen, haben sich die Blitzschläge verringert, da diese Leitungen durch ihre ständige Verbindung mit dem feuchten Erdreich eine ausgedehnte Ableitung der atmosphärischen Elektrizität bewirken.

a. Allgemeines über Vorgänge bei Blitzschlägen.

Die in den Gewitterwolken entstandenen und die an der Erdoberfläche angesammelten Elektrizitätsmengen von entgegengesetzter Polarität haben analog den Gesetzen der Reibungselektrizität das Bestreben sich auszugleichen. Die heftigen Ausgleichsströme und Entladungsfunken, die Blitze, wählen bei dem Uebergang zum Erdboden (Grundwasser) ihren Weg namentlich über die hervorstehenden Ecken und Kanten der Gebäude.

In Gebäuden mit auf der Aussenseite netzartig zusammenhängenden Metallmassen, Metalldächern und eisernen Fachwerkonstruktionen, nimmt der Blitz seinen Weg durch diese, da er sich in ihnen ungehindert ausbreiten und überall zur Erde übergehen kann. Im Inneren derartiger Gebäude, in Wellblechschuppen, den modernen ganz aus Eisenfachwerk hergestellten Bahnhofs- und Fabrikhallen, ist man daher gegen Blitzgefahr vollständig sicher, vorausgesetzt, dass man nicht gerade die Eisentheile während eines Blitzschlages berührt.

An Gebäuden ohne eine solche Metallhülle konnte man andere charakteristische Erscheinungen feststellen. Der Blitz trifft z. B. einen Schornsteinkopf, verläuft eine Strecke in der Blechbekleidung des Daches, springt bis auf mehrere Meter Entfernung in die nächst gelegene Gas- oder Wasserleitung über, bei welchem Sprunge ihm Maueranker, Sprachrohre, die Drähte im Wand- und Deckenputz, in Rohrdächern usw. sehr willkommene Brücken bilden. In den Werkstätten wird er durch die eisernen Wand- und Deckenkonstruktionen, Transmissionswellen oder dergl. mehr angezogen, und von diesen aus z. B. durch die Dampfmaschinen, Kessel- und Pumpeneinrichtung mit ihren Rohrleitungen zur Speisewasserquelle der Anlage, See, Brunnen usw. weitergeleitet. Haben alle diese Metallwege genügend grossen Querschnitt oder breit genug ausgedehnte Oberflächen, bei fortlaufend guter Berührung, so sind auf ihnen die zerstörenden Wirkungen des Blitzes nicht bemerkbar. Dagegen werden Leiter von zu geringem Querschnitt, bei ungenügender Verbindung oder stellenweiser Unterbrechung gewaltsam zerstört, bis zur Schmelz- und Glühhitze erwärmt, und dadurch nicht selten die Ursachen eines Schadenfeuers.

Sind metallische, erstklassige Leiter nicht genügend vorhanden, so ist der Blitz genötigt, seinen Weg über minderwerthige zweitklassige Leiter zu gehen. Hierher gehören: nasse Dachflächen (Stroh-, Holzdächer), nasse Holzkonstruktionen (vielleicht zufällig nass infolge eines Loches im Dache) morsche und faule Holztheile, die vom Regen getroffene Wetterseite des Gebäudes, feuchte Stallungen u. dergl., d. h. also zum grossen Theile Materialien, die brennbar sind und leicht entzündet werden können.

Für Gehöfte auf dem Lande ist die schützende Wirkung benachbarter hoher Bäume allgemein bekannt, und für diesen Zweck die Anpflanzung der hohen Pyramidenpappel sehr gepflegt. Bei sandigem, ausgetrocknetem Erdboden haben jedoch die Wurzeln der Bäume mitunter ein nur minderwerthiges Ableitungsvermögen, so dass der Blitz nicht nur bei unmittelbarer Berührung des Baumes mit dem durch den Gewitterregen angefeuchteten Dache, sondern auch in 1—2 ^{m} Entfernung zum Dache überspringt und sich am Hause über Regenrinnen und Abfallrohre eine bessere Ableitung zur Erde sucht. Ein zu geringer Abstand des Baumes vom Gebäude ist somit eher eine Gefahr als ein Schutz.

b. Natürliche Blitzableiter.

Wenn die Metallmassen auf der Aussenseite der Gebäude, als eiserne Schornsteine, alle Arten Blechverkleidungen, gitterförmige Bekrönungen, Dachrinnen, Abfallrohre, die rippenförmigen Fachwerkkonstruktionen usw. die natürlichen

Anziehungspunkte für die Blitze bilden, und diese dann auf mehrere Meter weite Entfernungen auf Gas- nnd Wasserleitungen, Transmissionswellen, Aufzugsgerüste, eiserne Träger, Säulen, Treppen, Fussbodenbeläge, Gebäudeanker, Ventilations- und Ofenrohre, die geerdeten Leitungen der elektrischen Stark- und Schwachstromleitungen, Maschinen usw. überspringen, um sich den bestleitenden Weg zur Erde zu suchen, so liegt nichts näher, als schon bei der Bauausführung alle diese Metallmassen unter sich zu einem Blitzableiter zu verbinden. Zu schwach erscheinende Leitungen müssen dabei durch Hinzufügung von Nebenleitungen, Drähten, Bändern entsprechend verstärkt werden. Zwischen den am höchsten und am tiefsten gelegenen Punkten aller der vorerwähnten nach abwärts führenden Metallwege und auch etwaiger künstlicher Blitzableiter sind Querverbindungen unumgänglich nöthig. Bei Neubauten sind diese Maassnahmen ohne Schwierigkeiten und in der Regel auch mit kaum nennenswerthen Sonderausgaben zu erstellen.

So ergiebt sich z. B. für die schon ohnehin bis in die obersten Stockwerke hinaufgeführten Rohrsysteme eine einfache Lösung durch Ansetzen von Verlängerungen über das Dach hinaus bis zum Anschluss an die äusseren Blechverkleidungen. Aehnliches gilt für die wagrecht verlaufenden Querverbindungen, von welchen die Träger der Kellergewölbe und die Vereinigung von Gas- und Wasserleitung an der Hauseinführung in der Regel die tiefsten sein werden.

Bei allen Verbindungen ist immer der leitende Grundsatz der, dass ohne Ausnahme sämmtliche ein Gebäude aussen umschliessenden und querdurchziehenden Metallmassen unter sich zu einem vielmaschigen Netz vereinigt werden, in welchem der Blitz ohne Umwege zur Erde gelangen kann, von welcher Seite her er auch komme. Zur Vermeidung von Selbstinduktion und Seitenentladungen sind alle hin- und hergehenden Biegungen und Windungen, namentlich auf- und abwärts verlaufende, und scharfe Ecken zu umgehen. Frei in den Raum hineinragende Ecken oder Ausläufer, auch isolirte Metallmassen (z. B. eiserne Oefen), sind aus diesem Grunde bei Entfernungen unter 2—3 m von der nächsten Hauptleitung mit dieser zu verbinden. Hauptsächlich sind die über die äussere Umgrenzung einer schützenden Gebäudekonstruktion hervortretenden Metallmassen (z. B. Balkongeländer) den Blitzschlägen ausgesetzt und deshalb in erster Linie mit anzuschliessen.

Die höchstgelegenen Metalltheile auf der Aussenseite, die mit Blech verwahrten Thürmchen, Dachfenster, Schornsteinaufsätze, Fahnenstangen, wirken hierbei als Auffangvorrichtungen, die das Gebäude umschliessenden und durchquerenden als Gebäudeleitungen und die in der Erde ausgebreiteten Verzweigungen der Gas- und Wasserleitungen usw. als Erdleitungen. Da die aufgezählten, natürlichen Blitzwege schon wegen ihres besonderen Zweckes an Querschnitt den künstlichen Blitzableitern meistens überlegen sein werden und immer in guter Ordnung zu halten sind, so ist gleichzeitig eine Sicherheit dafür gegeben, dass sie auch für die Ableitung der Blitze sich stets in brauchbarem Zustande befinden werden.

An Einzelheiten sind noch hervorzuheben:

Je stärker und grösser an Zahl die über das Dach hinausragenden und zur Erde führenden Leitungswege sind, desto wirksamer ist der Schutz der Gebäude.

Vorschriften für die Bemessung der Querschnitte sind durch Leitsatz 5 gegeben. Diesem haben die abwärtsführenden Hauptleitungen, sowie die höchsten und tiefsten Querverbindungen in vollem Maasse zu entsprechen. Für die zwischenliegenden Neben- und Ergänzungsleitungen sind neben den glatt durchgehenden Hauptleitungen auch wohl geringere Querschnitte zulässig. Bestimmte Regeln in Zahlen lassen sich hierüber nicht aufstellen. Die Entscheidung muss vielmehr von Fall zu Fall dem persönlichen Urteile der Bauleitung überlassen bleiben.

Zinkblech, welches in der Regel als Schutzbekleidung verwendet wird, ist leichter schmelzbar, in der Ausdehnung mehr durch die Temperatur beeinflusst, mechanisch weniger fest und deshalb nicht so dauerhaft, wie gut verzinktes und gestrichenes Eisenblech. Für die Mitbenutzung als Auffangleitung wird deshalb dem Eisen der Vorzug zu geben sein.

Die einzelnen Längen der als Leiter dienenden Rohre, Träger usw. sind durch die Anforderungen der Gebäudekonstruktion und durch ihre Handhabung bei der Montage bestimmt. Deshalb werden wiederholt Verbindungen nöthig. Die besten Verbindungsstellen sind die sachgemäss ausgeführten Schweissungen und Verlöthungen, letztere nicht mit Löthsäure. Als gute Verbindungen können ferner die gas- und wasserdicht hergestellten Rohrverschraubungen gelten. Die dichtenden Zwischenlagen, wie Mennigekitt, Hanf usw., sind bei sonst ausreichend grossen Uebergangsflächen der Verschraubungen für den Durchgang der hochgespannten atmosphärischen Elektrizität nicht als hemmend oder gar isolirend zu betrachten.

Den Anschluss von Drähten an Rohre bewirkt man durch Umwinden und nachheriges Verlöthen, durch Verschlussnippel mit verlötheten Drähten oder durch Schellen. Bei Anwendung der letzteren wird das Rohr an der Verbindungsstelle blank geschabt oder gefeilt und die Schelle, mit welcher nach Fig. 1147 der Draht in gleicher Weise festgeklemmt, oder nach Fig. 1148 verlöthet ist, um das Rohr verschraubt. Eine weiche metallische Zwischenlage giebt hierbei eine gute

Fig. 1147.

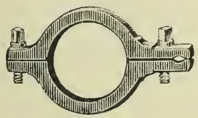


Fig. 1148.

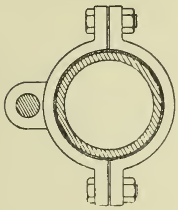


Fig. 1149.

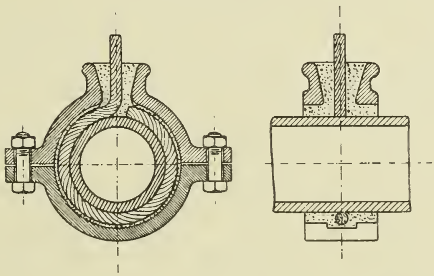
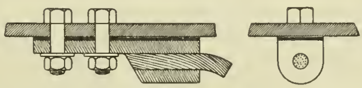


Fig. 1150.



und gleichmässige Berührung. Die Hamburger Stadtwasserkunst schreibt z. B. für den Anschluss von Blitzableitern an das Rohrnetz die aus Fig. 1149 ersichtliche Schellenverbindung vor. Die zweitheilige Schelle wird nach dem Umlegen und Anklemmen der Leitung mit Blei ausgegossen. Um die Gas- und Wassermesser herum ist zur Vermeidung einer Leitungsunterbrechung bei gelegentlicher Fortnahme eine Ueberbrückung auszuführen.

Ist z. B. wie bei den der Sommerhitze und Winterkälte ausgesetzten Abfallrohren mit Rücksicht auf die Ausdehnung und wiederholte Ausbesserungen ein Verlöthen der einzelnen Stücke nicht gut möglich, so ist bei den hohen Entladungsspannungen der Blitze schliesslich auch eine Flächenberührung durch Uebereinanderschieben bis zu etwa 150 ^{mm} als hinreichend anzusehen. Bei unzureichender Flächenberührung zwischen den einzelnen Stücken kann durch Auflöthen von nachgiebigen Drähten oder Bändern leitender Schluss verschafft werden, ein Hilfsmittel, welches sich unter anderen auch zur Verbindung von unterbrochenen Gesimsabdeckungen empfiehlt. Für Träger-, Säulen-, Treppenkonstruktionen usw. sind leitende Uebergänge durch Verbindungsschrauben oder Nieten herzustellen, gegebenenfalls unter Einfügung passender Bänder oder Drahtanschlüsse z. B. unter Benutzung der in Fig. 1150 dargestellten Kabelanschlussöse mit eingelötheter Leitung.

Für alle dem gestellten Zweck dienenden Verbindungen sind immer ausreichende Uebergangsflächen Hauptbedingung. Auch ist ein schützender Anstrich

mit Asphalt- oder Emaillack nach Fertigstellung der Verbindung nicht zu vergessen. Eine Berührung der Metalleitungen während eines Gewitters kann gefährlich werden und ist deshalb zu vermeiden.

c. Künstliche Blitzableiter.

Künstliche Blitzableiter werden nur dort nöthig, wo die natürlichen unvollständig sind oder gänzlich fehlen. Da in den modernen Neubauten Eisenkonstruktionen, Wasser-, Gasleitungen usw. kaum fehlen dürften, so handelt es sich bei Anlage der künstlichen Blitzableiter mehr oder weniger immer nur um eine Vervollständigung der natürlichen. Sind natürliche vorhanden, so müssen sie sogar unbedingt mitbenutzt werden, da sie sonst gerade die Ursachen der Blitzgefahr werden können.

α. Auffangvorrichtungen.

Die am höchsten gelegenen Spitzen, Ecken, Kanten sind als Einschlagstellen auszubilden. Dadurch, dass man die schon an und für sich hervortretenden Spitzen noch mit sogenannten Auffangstangen besetzt, wird man zweifelsohne den Blitz mehr nach diesen Stellen hinlenken.

Den kegelförmigen Raum (die Spitze der Auffangstange als Kegelspitze gerechnet), welchen eine Auffangstange schützen soll, bezeichnet man als den Schutzraum, und zwar als einen einfachen, zweifachen, dreifachen usw.; je nachdem der Halbmesser des Kegelgrundkreises die einfache, zweifache, dreifache Länge der Kegelhöhe hat. Als ungefährer Anhaltspunkt für die Vertheilung der Auffangstangen gilt vielfach folgende Regel: Alle höchstgelegenen Spitzen und Ecken eines Gebäudes sollen im einfachen bis anderthalbfachen Schutzraum liegen; bei merklich tiefer gelegenen genügt der $2^1/_2$fache. Alle höchst gelegenen Kanten sollen in einem zweifachen Schutzraum liegen, merklich tiefer gelegene im dreifachen, alle höchstgelegenen Flächen im drei- bis vierfachen.

Diese Regel entbehrt indessen einer wissenschaftlichen und praktischen Begründung. Ihre schablonenhafte Befolgung kann sogar Schaden bringen. Wenn z. B. durch die Auffangstange eines Kirchthurmes alle übrigen Theile der Kirche in einem $1^1/_2$fachen Schutzraum liegen, so wären weitere Auffangstangen hiernach entbehrlich. Die Erfahrung hat aber gezeigt, dass der Blitz ungeachtet dessen in die tiefer gelegene First einschlug, weil er von hier aus durch das nasse Dach, die Dachverwahrungen, Regenrinnen, Abfallrohre einen bequemeren Uebergang zur Erde fand als durch den unversehrten Blitzableiter. Hieraus ergiebt sich die Folgerung, dass man namentlich auch solche Punkte der Gebäude als Auffangstellen ausbilden soll, welche mit gut zur Erde ableitenden Konstruktionstheilen schon im Zusammenhang stehen, oder auf kurze Entfernung in Zusammenhang zu bringen sind.

Der Ausführung der Auffangstangen legen manche Blitzableitersetzer eine ganz besondere Bedeutung bei. Sie fertigen dieselben aus $^3/_4$ bis $^5/_4$zölligem Gasrohr und armiren sie mit 100 bis 200 ^{mm} langen kegelförmigen Kupferspitzen, die oben vergoldet oder auch mit Platinhut versehen sind. Derartigen Spitzen, welche naturgemäss theurer sind, ist aber ein besonderer Werth nicht beizumessen, da sie vielfach schon nach den ersten Blitzschlägen verletzt sind. Die Auffangstangen sollen in der Hauptsache nur den Zweck haben, das Einschlagen der Blitze über möglichst kräftig ausgebildete Metalltheile zu leiten, über Metalltheile, die auch bei wiederholten Blitzschlägen ihre Aufgabe erfüllen. Oben zugeschärfte und gegen die Einflüsse der Witterung stark verzinkte oder verbleite Eisenstäbe oder Gasrohre von etwa 15 bis 20 ^{mm} Durchmesser erfüllen hier ebenso ihren Zweck, wie solche mit besonderer Kupfer-, Gold- oder Platinspitze. Eiserne Schornsteinaufsätze, die gusseisernen Abdeckplatten der Schornsteine, Wetterfahnen, Telephonständer, Fahnenstangen, gitterförmige Dachbekrönungen u. dergl. können als vollgiltige Auffangvorrichtungen angesehen werden.

Sind die Blechbeläge der höchsten Gebäudevorsprünge, Firstverwahrungen, Giebelecken usw. stark genug, oder sind beim Fehlen derartiger Verwahrungen genügend starke Drahtleitungen (unverzweigte Leitung nach Leitsatz 5) über die höchsten Kanten hinweggeführt, so liegt kein zwingender Grund vor, hier

noch besondere Auffangstangen vorzusehen. In der Fig. 1151 ist z. B. die Firstleitung über den Schornstein geführt. Dieselbe ist zum Schutz gegen die Rauchgase durch ein Gasrohr gezogen, und letzteres zumtheil in das Mauerwerk eingelassen.

Will man aber im Gefühle einer grösseren Sicherheit Auffangstangen setzen, so gehören sie dorthin, wo sie auch wirklich ihren Zweck erfüllen, nämlich in die unmittelbare Nähe der Schornsteine, Giebelspitzen, Dachfensteraufsätze, über die höchsten Ausläufer der Gas- und Wasserleitungen, Aufzugsgerüste usw. und in unmittelbarer Verlängerung an diese angeschlossen. Bei einem Holzzementdach gehören sie an den Rand, in Verbindung mit den Blechkanten desselben; denn die durchgehenden glatten Flächen bilden die am wenigsten gefährdeten Stellen.

Die Höhe und Stärke der Auffangstangen ist von der Form und der Konstruktion des Daches abhängig zu machen. Auf den Spitzen der Dachthürmchen, Mansarden u. dergl. genügen ganz kurze, da sie hier schon vermöge ihrer Lage auf dem Dache hervortreten. Bei glatten Dachkanten und Flächen verdienen höhere, etwa 2—4 m lange, den Vorzug.

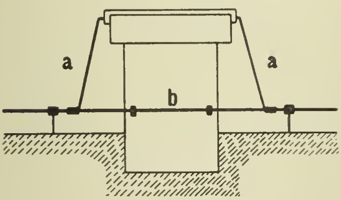
Ist auf höhere Vorsprünge oder auf unter dem Dache liegende Eisenkonstruktionen, Wasserleitung usw. keine Rücksicht zu nehmen, so setzt man auf die glatten Dachkanten etwa alle 15 m eine Auffangstange, vornehmlich aber an die Enden eines glatt durchlaufenden Dachfirstes.

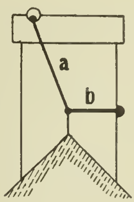
Als Hilfsmittel für die Befestigung der Auffangstangen dienen Stützen, Schraubenbolzen, Schellen, Haken usw. (wie sie für den vorliegenden Zweck gerade am besten passen), z. B. Fig. 1152—1154. Die nach Fig. 1155 durch die Firstkante nach aussen geführte Auffangstange ist durch Ueberleger gegen Querhölzer des Sparrenwerkes verschraubt. Durch einen an der Stange mittels Schelle festgeklemmten Blechtrichter wird das Eindringen von Regenwasser in das Dach verhindert und gleichzeitig die Anschlussstelle der Gebäudeleitung geschützt.

β. Gebäudeleitungen.

Als Material für künstliche Gebäude- oder Luftleitungen verwendet man massive Drähte, Drahtseile oder Bänder aus Kupfer und Eisen mit Querschnitten gemäss Leitsatz 5. An den für die spätere Revision schwer zugänglichen Stellen, z. B. hohen Kirchthürmen, Fabrikschornsteinen, empfiehlt es sich, die Leitungen aus Sicherheitsgründen zu verstärken. Eisenbänder sollen mit Rücksicht auf Dauerhaftigkeit und Witterungseinflüsse nicht unter 3 mm dick, Kupferbänder nicht unter 1,5 mm genommen werden. Drähte beider Metalle sowohl als Einzeldrähte, als auch in Verbindung mehrerer zu einem Seile, nicht unter 3 mm Durchmesser. Eisenleitungen sind stark zu verzinken oder zu verbleien, Kupferleitungen zu verzinnen. Ein dauerhafter Anstrich erhöht noch ihre Haltbarkeit. Drahtseile werden wegen ihrer Geschmeidigkeit und leichten Montage vorgezogen. Bei Verwendung möglichst langer Strecken werden Montagekosten erspart und etwaige Fehler an den Verbindungsstellen verringert.

Fig. 1151.





Alle höchsten Kanten und Vorsprünge des Daches sind thunlichst mit Luftleitungen zu besetzen. Scharfe Ecken, sowie hin- und hergehende Biegungen sind auch hier zu vermeiden. Auf zwei häufig vorkommende Verstösse hiergegen sei durch die Fig. 1151 u. 1156 aufmerksam gemacht. Den Anschluss in Fig. 1156 findet man häufig nur mittels der beiden Strecken *a a* ausgeführt, während *b* fehlt. Hierbei entstehen für den von einer anderen Auffangstange herkommenden Blitz nach abwärts vorspringende Ecken, welche durch Einfügung der Strecke *b* zu umgehen sind. Zur Ersparung einer Auffangstange führt man häufig die Gebäudeleitung über einen Schornstein hinweg, Fig. 1151.

Die nach oben gebogene Leitungsstrecke *a a* ist vornehmlich bei höheren Schornsteinen durch die wagrecht herumgelegte Strecke *b* zu schliessen.

Die abwärts zur Erde führenden Leitungen sollen an der Dachkante, wo sie als Auffangleitung wirken oder über die Ablaufwege des Regenwassers (Dachkehlen, Wetterseite) zu den Regenrinnen und Abfallrohren führen, da sie durch das Wasser an Fläche vergrössert werden, und der Blitz in der durch den Regen angefeuchteten Erde einen guten Uebergang für die weitere Ausbreitung findet.

Für die Verbindung zwischen Auffangstangen und Luftleitung gilt das bereits für Rohranschlüsse gesagte. Vergl. Fig. 1147 u. 1148, S. 489. Die gusseiserne

Fig. 1153.

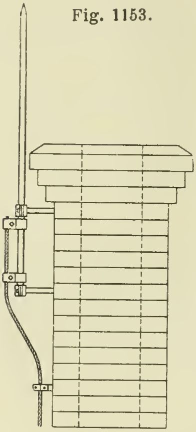


Fig. 1156.

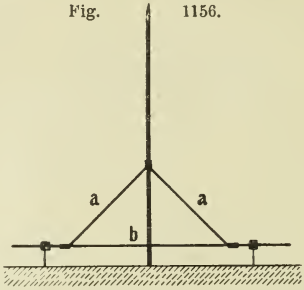


Fig. 1054.

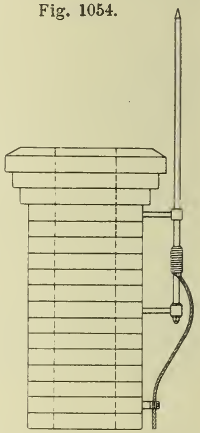


Fig. 1155.

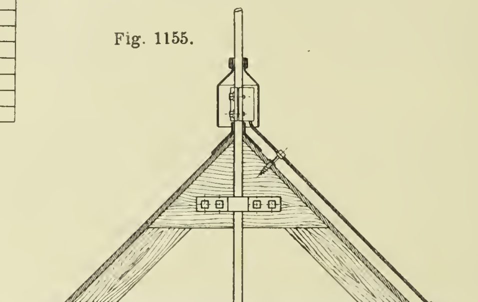


Fig. 1152.



Abdeckplatte des Schornsteins in Fig. 1157 hat für diesen Zweck eine angegossene Nase, in deren Bohrung die Drahtleitung durch Druckschrauben festgeklemmt ist. Für den Anschluss einer glatten Platte eignet sich auch die Kabelöse Fig. 1150, S. 489. In Fig. 1153 u. 1155 sind Auffangstange und Leitung durch Schellen verbunden; eine nachträgliche Verlöthung erhöht die Güte dieser Verbindungen. Eine Löthverbindung zeigt die Fig. 1154. Vor dem Löthen werden die einzelnen Drähte des aufgelösten Seilendes am Umfange der Stangen vertheilt und mit Bindedraht umwickelt. In hohlen, aus Gasrohr hergestellten Auffangstangen, Fig. 1158, kann die seitlich oder von unten eingeführte Leitung durch Druckschrauben festgehalten werden.

Aehnliche Verfahren benutzt man auch für die Verbindung der Leitungen unter sich an Abzweig- oder Verlängerungsstellen. Bandförmige Leiter können durch etwa 150 mm langes Uebereinanderlegen und doppelte Verschraubung oder Vernietung zusammengehalten werden. Fig. 1159 zeigt eine Verlöthung für zwei Einzeldrähte, Fig. 1160 eine solche für zwei Seile. Die Fig. 1161 u. 1162 geben Abbildungen von Verbindungsklemmen. Diese, in der Regel sehr klein gehalten, haben den Vorzug einer schnellen Montage, aber den Nachtheil einer geringen Berührungsfläche und geringer Festigkeit der Verbindung, sodass sie ohne nachträgliche Verlöthung nicht als ausreichend erachtet werden sollen. Bei längeren

Muffen mit mehreren Druckschrauben kann von einer Verlöthung abgesehen werden. Alle Verbindungen, sowohl Verlöthungen als Verschraubungen, sind nach beendeter Montage zu reinigen und mit einem starken wetterbeständigen Anstrich (Asphaltlack, Emaillack) zu überziehen und etwaige Fugen zuvor mit Mennigekitt zu verschmieren.

Zur Befestigung der Leitungen, etwa alle 2—3 m, dienen Stützen verschiedenartiger Ausführung, z. B. Fig. 1163—1165, deren Zweck durch die Figuren selbst erklärt ist. Nach Fig. 1166 wird die Leitung durch ein Eisenband ge-

Fig. 1157.

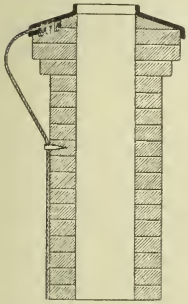


Fig. 1158.



Fig. 1159.

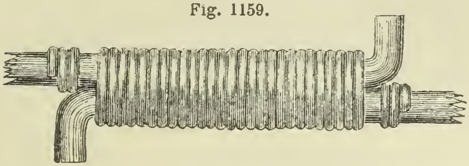


Fig. 1161.

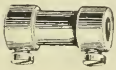


Fig. 1162.

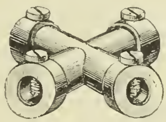


Fig. 1160.



Fig. 1163.

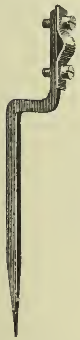


Fig. 1164.

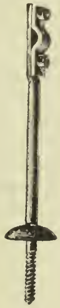
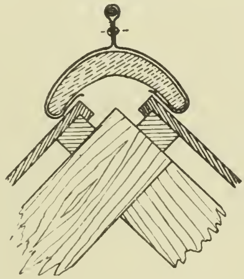


Fig. 1165.



Fig. 1166.



halten, dessen Enden um die Firstziegel gelegt sind. An der Befestigungsstelle der Leitung ist zur Verhütung einer Beschädigung durch Scheuern eine Zwischenlage von Blei angezeigt. Durch die Stützen werden die Leitungen in einem gewissen Abstand von der Wand gehalten, eine Vorsicht, die bei Wand- und Dachbekleidungen aus nicht brennbaren Stoffen durchaus nicht erforderlich ist. Eine Leitung, die mit Haken oder Krammen, Fig. 1157, befestigt ist und unmittelbar am Gebäude aufliegt, hat wegen des zwischen Wandfläche und Leitung haftenden Regenwassers, bezw. durch den dort angesetzten und durch den Regen angefeuchteten Staub, sogar den Vorzug eines Ableitungsweges mit grösserer Oberfläche. Die Verlegung der Leitungen auf Glas- oder Porzellanisolatoren ist wegen Beeinträchtigung der Ausbreitung der Entladungen mit Ausnahme für einige sogleich noch näher zu betrachtende Sonderfälle zu verwerfen.

Pulvermagazine, die in der Regel ganz aus Holz hergestellt sind, oder Scheunen aus Holzfachwerk mit Strohbedachung, erheischen wegen der Feuer-

gefährlichkeit ihres Aufbaues und ihres Inhaltes besondere Vorsicht. Wenn derartige Gebäude auch im Inneren gänzlich frei von Metallmassen und trocken sind, so wird der Blitz nicht in das Innere übergehen, falls er sich um die Gebäude herum in ausreichenden metallischen Leitungswegen ausbreiten kann. Von dieser Ansicht ausgehend überzieht man derartige an Gehalt werthvolle Gebäude mit einem weitmaschigen Netz aus Eisendrähten (Stacheldrähten) und versieht dieselben an den Knotenpunkten obendrein mit Büscheln von kurzen Auffangstangen, Fig. 1167. Um denn auch alle Ursachen für die Begünstigung von Seiten- und Nebenentladungen auf das nasse Gebäude fernzuhalten, befestigt man das ganze Drahtnetz auf Glockenisolatoren, die ihrerseits noch auf etwa 1 m langen mit Oel getränkten Holzstützen stehen. Die Drähte sind hauptsächlich parallel den Gebäudekanten zu führen. Etwa 50 qm bebaute Grundfläche rechnet man als Schutzfeld einer Masche eines so hergestellten Netzes. Jede abwärts führende Leitung ist als Ausläufer zu einer Erdleitung auszubilden.

γ. Erdleitungen.

Auf etwa je 30 bis 50 m Länge der Umfassungsmauer eines Gebäudes ist unter normalen Verhältnissen eine Ableitung zur Erde zu legen; mindestens sollen zwei vorhanden sein, die von den Enden des Firstes auf der Giebelkante entlang herabzuführen sind. Die am Umfang des Gebäudes symmetrisch vertheilten Ableitungen sind unterhalb der Erdoberfläche unter sich zu vereinigen und in grosser Ausbreitungsfläche mit dem feuchten Erdreich in Verbindung zu bringen. Die im Sinne obiger Erörterungen als Erdleitungen anzusehenden Wasser-, Gas- und Abfallrohre (mit entsprechenden Verlängerungen) usw. sind hierbei nicht nur vollgültig, sondern müssen sogar in erster Linie benutzt werden, da sie durch ihre weite Vertheilung in der Erde die beste Ausbreitungsfläche darbieten. Verfehlungen hiergegen rufen geradezu eine Gefahr hervor. Eisenbahngleise, Metallkörper der Turbinen, Pumpenanlagen und dergl. sind als vorzügliche Bodenleitungen ebenso zu behandeln.

In Ermangelung dieser erstklassigen Ausbreitungsflächen in der Erde, oder in Ergänzung derselben sind solche auf andere Weise zu beschaffen, und zwar in nächster Nähe der Gebäude. Zu diesem Zweck werden die Ableitungen bis zum Grundwasser, Brunnen, Fluss, See mit stets ausreichendem Wasser geführt, wo sie in eine sogen. Erdplatte endigen. Diese, wirkliche Platten, Rohre, oder auch Drahtnetze, bestehen aus verzinktem Schmiedeisen von 3 bis 5 mm Materialstärke oder verzinntem Kupfer mit 1,5 bis 2 mm Materialstärke und etwa 1 qm Fläche. Langgestreckte und untertheilte Platten (Bänder, Drahtnetze) sind wegen ihrer auf einer grösseren Strecke vertheilten Ausbreitung wirksamer als quadratische oder runde. Bodenleitung und Erdplatte sollen aus dem gleichen Material bestehen, da unter dem Einfluss der Feuchtigkeit an der Berührungsfläche der verschiedenen Metalle galvanische Zersetzungen eintreten. Das billigere Eisen hat den Nachtheil eines grösseren Bedürfnisses an Ausbesserungen. Der Kupferplatte stehen für die Versenkung in Trinkwasserbrunnen gesundheitliche Bedenken gegenüber.

Ist der Uebergang zum Grundwasser in der Nähe eines Gebäudes, z. B. auf sandigen Bergen, nicht möglich, so soll man nicht etwa besonders lange Leitungen ziehen, um zu einem solchen in grösserer Entfernung zu gelangen. In der Regel ist Hilfe auch auf andere Weise möglich. Düngergruben, Zisternen, Abflüsse der Wirthschafts- und Regenwässer, oder Stellen, an denen sich sonst dauernd Feuchtigkeit festsetzt, sind als guter Ersatz für Grundwasser zu betrachten. Bei Einbettung der Erdleitungen unter Düngerstätten und Ansammlungen von Wirthschaftswässern ist wegen der dort vorhandenen chemischen Einflüsse eine öftere Erneuerung nothwendig. Nicht zu unterschätzen ist ferner die Ausbreitung in der durch den Gewitterregen angefeuchteten oberen Erdschicht. Man hat nur dafür Sorge zu tragen, dass die niederführenden Gebäudeleitungen in eine grosse und langgestrekte Berührungsfläche in der Erde auslaufen. Eiserne Drähte, nicht unter 3 mm Durchmesser, Drahtnetze 20 bis 30 cm tief im Erdboden lang ausgestreckt, sind hierfür ein besonders geeignetes Mittel. Um 1 qm Uebergangsfläche zu erhalten sind für Drähte von 3, 4, 5 u. 6 mm Durchmesser, Längen von etwa 110, 80, 65 u. 55 mm erforderlich.

Bei durchlässigem sandigem Boden sucht man auf künstlichem Wege die Feuchtigkeit in der Nähe der Ausbreitungsleitungen festzuhalten und stellt für deren Verlegung, z. B. unter der Dachtraufe, unterhalb einer Abflussrinne, unter schattigen mit Gras bewachsenen Flächen, etwa 0,5 m tiefe Mulden aus Lehm, Thon, Mergelschiefer oder dergl. her, die mit gestampftem Koks gefüllt werden. Das Kokspulver hält die Feuchtigkeit um die darin 15 bis 20 cm tief liegende Drahtleitung fest, der Lehm, Thon usw. hindern das Versickern. Mehrere neben einander verlegte einzelne Drähte bieten eine grössere Uebergangsfläche als Drahtseile von gleichem Gesammtquerschnitt.

Ein freistehendes etwa 30 m langes und 15 m tiefes Gebäude ohne Eisenkonstruktionen würde man bei schlechten Grundwasserverhältnissen nach Fig. 1168 etwa folgendermaassen sichern können. Die Luftleitung besteht aus Eisendrahtseil von 7 Drähten von je 3 mm Durchmesser, rd. 50 qmm Gesammtquerschnitt. An den

Fig. 1167.

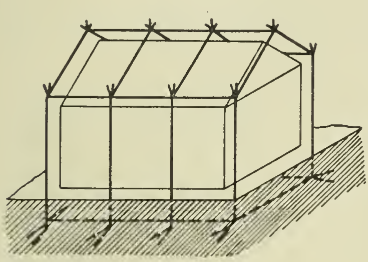
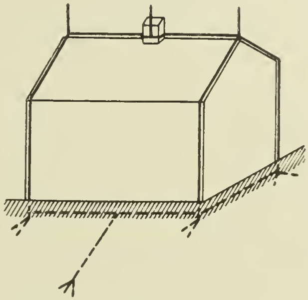


Fig. 1168.



beiden Giebelecken und am Schornsteine steht je eine Auffangstange. Die Ableitungen zur Erde verlaufen über die Giebelkanten. Die vier herabführenden Drahtseile, zum Schutze gegen mechanische Verletzung bis etwa 2 m hoch über dem Erdboden durch Gasrohr gezogen, lässt man in der Erde, in einzelne Drähte aufgelöst, etwa 3 m lang auslaufen. In ungefähr 0,5 m Abstand vom Gebäude, und etwa 25 cm Tiefe, verlegt man um das Gebäude herum einen Ring, bestehend aus 3 Drähten von je 6 mm Durchmesser, die ebenfalls etwa je 3 m über die Gebäudeecken weg vortreten. Die frei auslaufenden Enden sind gleichmässig um die Ecken herum ausgebreitet. Löthstellen erhält man nur an den Auffangstangen und an den Gebäudeecken in der Erde. Die Ausbreitungsfläche einer solchen Erdleitung beträgt etwa 6 bis 7 qm. Als Abzweig zu einer Ablaufrinne werden 3 Drähte von je 6 mm Durchmesser genommen, die an einer Sammelstelle des Wassers in Spiralen endigen.

d. Instandhaltung und Prüfung.

Ob nun ein Blitzableiter unter Zuhilfenahme der besten und dauerhaftesten Materialien und unter Beobachtung aller Schutz- und Sicherheitsmaassregeln in mechanischer Hinsicht auszuführen ist, hängt, wie überhaupt jede Bauarbeit, von dem Zweck und dem Werth des Gebäudes und von den zur Verfügung stehenden Mitteln ab. Man kann nach den vorstehenden Erörterungen auch schon mit geringen Mitteln einen wirksamen Blitzableiter herstellen, wenn man bei Neuaufführung eines Gebäudes alle Metallkonstruktionen in ergiebiger Weise ausnutzt. Selbst ein in der primitivsten Art und Weise ausgebildeter Blitzableiter wirkt stets besser als gar keiner. Da besondere elektrotechnische oder Fachkenntnisse für die Ausführung von Blitzableitern durchaus nicht erforderlich sind, die ganze Einrichtung der Blitzableiter in allen Einzelheiten vielmehr von dem konstruktiven Aufbau eines Gebäudes abhängig zu machen ist, so ist in erster Linie der Bautechniker dazu berufen, hierüber Anordnungen zu treffen, die sachgemässe Durchführung im Zusammenhang mit den übrigen Bauarbeiten zu überwachen und auch die spätere Instandhaltung zu bewirken.

Um einen dauernd guten und wirksamen Blitzableiter zu erhalten, ist bei den Herstellungsarbeiten den unter Putz oder hoch auf Thürmen liegenden, und daher später unzugänglichen Verbindungsstellen besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Bei Fortnahme der Baurüstungen soll man sich noch einmal überzeugen, ob auch die Blitzableiterleitung nicht etwa durch die Ausführung anderer Arbeiten verletzt worden ist. Wie man das Dach und die übrigen Gebäudetheile zu gewissen Zeiten, z. B. nach einem starken Unwetter untersucht, so soll man bei solchen Gelegenheiten auch auf den Blitzableiter achten. In Zwischenräumen von 5 bis 10 Jahren, abhängig von der Güte der Ausführung des Blitzableiters und dem Zwecke der zu schützenden Gebäude, ist eine Hauptrevision vorzunehmen. Mit der Ausführung späterer baulicher Ausbesserungen und Abänderungen ist stets eine eingehende Besichtigung, bezw. Ergänzung des Blitzableiters zu verbinden; insbesondere gilt dieses bei etwaigen Aenderungen an der Gas- und Wasserleitung oder Bedachung. An den Uebergangsstellen zur Erde ist die Leitung dauernd zerstörenden Einflüssen ausgesetzt, weshalb man sich über den noch brauchbaren Zustand der Erdleitung gelegentlich durch Aufgrabung einer kurzen Strecke überzeugen soll. Jedes Frühjahr ist eine allgemeine Besichtigung zu empfehlen, an den nicht erreichbaren Stellen durch Zuhilfenahme eines lichtstarken Fernrohres.

Der vielfach von den Blitzableitersetzern angepriesenen und auch angewendeten Methode der Widerstandsmessung mit Messbrücken verschiedener Konstruktionen ist nur ein sehr untergeordneter Werth zuzuschreiben, weil man dabei immer Laboratoriums-Untersuchungen als Grundlagen annimmt, wohingegen die Mengen, die Spannungen und das Verhalten der atmosphärischen Entladungen ganz andere sind, mit denen ein Experimentiren bisher noch nicht möglich war. Ein kleiner winziger Schaden an einer Verbindungsstelle, der für den Uebergang der hochgespannten atmosphärischen Elektrizität völlig belanglos ist, kann bei der Messmethode gänzliche Trennung anzeigen; umgekehrt giebt ein fast durchgefressener Draht keinen messbaren Fehler, während er bei dem nächsten Blitzschlage schon verhängnissvoll werden kann. Die Messung von Erdleitungen bei trockenem Wetter hat ganz andere Ergebnisse, als sie der Wirklichkeit eines Gewitters entsprechen, da dieses in der Regel von Regen begleitet ist. Bei nassem Wetter wird man aber erst recht unbrauchbare Messergebnisse erhalten. Hierzu kommt noch, dass bei Blitzableitern unter Mitbenutzung sämmtlicher metallischer Gebäudekonstruktionen als natürliche Ableitungen ein Fehler durch galvanische Messung überhaupt nicht festzustellen ist, da eine Trennung der einzelnen Leitungswege praktisch unausführbar ist.

Der Hauptzweck der Prüfung soll sein, zu untersuchen, ob die Zahl und Führung der Ableitungen noch die richtige ist, ob Ursachen für Selbstinduktion und Seitenentladungen durch etwa nicht angeschlossene Metallmassen zu beseitigen sind, ob alle Teile, namentlich die Verbindungen mechanisch noch unverletzt, zu ergänzen oder durch erneuten Anstrich wieder zu schützen sind.

V. Metallkonstruktionen des Aufbaues.

In den Abschnitten I—VII und XIII—XVI bearbeitet von Ober-Baukommissar O. Gruner in Dresden; in den Abschnitten VIII—XII und XVII von F. Eiselen, Reg.-Baumeister a. D. in Berlin.
(Unter theilweiser Benutzung der älteren Bearbeitung von Brth. Junk in Berlin.)

Litteratur-Verzeichniss für Eisenbauten.

Brandt. Eisenkonstruktionen des Hochbaues, 3. Aufl. 1876. — Contag. Eisenkonstruktionen in Belgien u. Frankreich 1889. — Scharowsky. Musterbuch für Eisenkonstruktionen, 1887. — Nowak. Der Metallbau, 1882. — Breymann's Baukonstruktionslehre. — Karmarsch. Handbuch der Technologie. — Landsberg. Die Glas- und Wellblechdeckung. — Muster- und Profilbücher der verschiedenen Hütten und Konstruktionswerkstätten. — Mehrtens. Eisen und Eisenkonstruktionen, 1887, Handbuch der Baukunde Abth. I, Bd. II, Heft I. — Nouvelles Annales de la Construction — Le Génie civil. — Deutsche Bauzeitung. — Centralblatt der Bauverwaltung. — Zeitschrift für Bauwesen. — Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure. — Amerikan. und engl. Fachzeitschriften. — Gottgetreu. Lehrbuch der Hochbaukonstruktionen. — Handbuch der Architektur, Th. III, 2. Bd., Heft 1—5. — M. Förster. Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten, 1902. — L. Mertens. Eiserne Hallen und Dächer in England, 1899.

I. Allgemeines.

Die in früheren Anschlägen zu Hochbauentwürfen gebräuchliche Trennung der Metallkonstruktionen nach Schmiede- und Eisenarbeiten einerseits, Schlosserarbeiten andererseits, hat heute praktisch keine volle Berechtigung mehr, weil ihre Vergebung an die Lieferanten und Ausführenden derartige halbzünftige Grenzen nicht mehr kennt; selbst Bauarbeiten, bei denen das Metallblech den Hauptbestandtheil bildet und für die früher nur der Klempner inbetracht kommen konnte, werden jetzt häufig von den Lieferanten der Eisenkonstruktion mit übernommen. Ausserdem hat auch die maschinelle Bearbeitung des Materials die Folge gehabt, dass ein grosser Theil der Vorarbeiten, die sonst in der Werkstatt oder auf dem Bauplatze vorgenommen wurden, jetzt bereits in der Hütte oder auf dem Lagerplatz des Zwischenhändlers erfolgt, sodass der Bauschlosser heute vielfach durch den Monteur und Installateur ersetzt wird. Der nachfolgenden Besprechung wird aus diesen Gründen nicht eine Eintheilung nach den ausführenden Gewerben, sondern nach den Gegenständen selbst zugrunde zu legen sein. Indessen sollen von den zugehörigen Materialien zunächst diejenigen angeführt werden, die hauptsächlich von Schmieden und Schlossern zu ihren Arbeiten gebraucht werden.

II. Materialien und deren Bearbeitung.

Die wichtigsten Materialien zu den Metallkonstruktionen des Aufbaues sind 1. das Schmiedeeisen, das infolge seiner Geschmeidigkeit und Dehnbarkeit in erwärmtem Zustande bezw. zumtheil auch bei gewöhnlicher Temperatur durch mechanische Hilfsmittel leicht in allerlei Formen gebracht werden kann (a. Schweisseisen, b. Flusseisen); 2. das Gusseisen, das sich nur in geschmolzenem Zustande formen lässt (a. Spiegeleisen, b. Gusstahl, c. Hartguss); 3. der Stahl, der sich vom Schmiedeeisen durch die Eigenschaft der Härtbarkeit unterscheidet (a. Schweissstahl, b. Flusstahl). Nächstdem: das Zink, das Kupfer, das Zinn, das Blei, Bronze und Messing, Nickel und Aluminium.

Das Kupfer dient in reinem Zustand zum Löthen von Schmied- und Gusseisen, als Zinklegirung bildet es das Hart- oder Schlagloth, Das Zink dient als dünner Ueberzug (Verzinkung) zum Schutze anderer Metalle gegen die athmosphärischen Einflüsse oder als architektonisch gestaltete Maskirung konstruktiver Theile. Zinn wird als Weichloth benutzt und bildet als Verzinnung ein Rostschutzmittel. Das Blei wird noch immer vielfach zum Vergiessen und Verstemmen von Eisentheilen in Stein und Mauerwerk verwendet, dient auch als beschwerende Ausfüllung, als Gegengewicht, sowie als Zwischenlage (in Säulenstössen) und als Unterlagsplatte. (Hartblei häufig mit Kupfer- und Antimonzusätzen; Weichblei aus reiner Glätte dargestellt.) — Eliotmetall ist eine Legirung von Kupfer und Zinn. Bronze und Messing liefert Beschlagtheile für Fenster und Thüren; Lager und Führungen, auch Zierstäbe und Gitterbleche werden daraus hergestellt. Seine Verwendung fällt also mehr in das Gebiet des inneren Ausbaues. — Nickel verleiht als Stahlzusatz eine erhöhte Festigkeit und grössere Widerstandsfähigkeit des Stahles gegen Rost; ausserdem wird es als Legirung bei Konstruktionstheilen aus Neusilber, sowie als glänzender Ueberzug von Ziertheilen benutzt. Mehr als 1% Nickel im Stahl erschwert dessen Schweissbarkeit. Aluminium begünstigt die Legirung des Nickels und anderer Metalle mit dem Stahl und erhöht die Festigkeit des Gusseisens, vermindert auch dessen Schwinden. Kupferplattirte Aluminiumbleche sind widerstandsfähiger als reines Aluminium und lassen sich wie Kupferbleche löthen, falzen, verzinnen usw. Als Legirung eignet sich Aluminium zur Herstellung von Aluminiumbronze und Aluminium-Messingbronze. Die mit „Magnalium“ bezeichnete Legirung von Aluminium und Magnesium liefert silberweisse Gussflächen, kann ohne Schleifen polirt werden, läuft an der Luft nicht an und wird von Ammoniakdämpfen, Schwefel-, Essig- und Stearinsäure nicht angegriffen. Ihr spezifisches Gewicht ist 2,4—2,7; ihr Preis ungefähr der des Kupfers.

Unter den vorstehend aufgeführten Materialien steht das Schmiedeisen an erster Stelle, seiner Wichtigkeit und dem Umfange seiner Anwendung nach. Zu konstruktiven Zwecken wird dabei heutzutage fast ausschliesslich Flusseisen verwendet, das durch die Möglichkeit der billigen Massenerzeugung bei grösserer Gleichmässigkeit und Festigkeit das Schweisseisen mehr und mehr verdrängt hat. Seine grosse Dehnbarkeit gestattet auch die Verarbeitung in kaltem Zustande zu Formen, die bei Schweisseisen, wenn überhaupt, nur in der Rothgluth ausführbar sein würden.

Seitdem das Convertereisen (Thomas- und Bessemerverfahren) alle Vorzüge, die man früher am Siemens-Martin-Metall besonders schätzte, bei seiner Herstellung auch erlangt, wird ein Unterschied in der Bewerthung dieser Eisen- bezw. Stahlsorten nicht mehr gemacht.

Bei Berechnungen ist das spezifische Gewicht des Schweisseisens mit 7,8, dasjenige des dichteren Flusseisens bezw. Flusstahles mit 7,85 einzusetzen. Für die Güte des Materiales gelten die vom Verbande deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, dem Verein deutscher Ingenieure und dem Verein deutscher Eisenhüttenleute aufgestellten Normalbedingungen,*) die von den staatlichen und kommunalen Behörden in der Hauptsache angenommen sind und den Ausschreibungen zugrunde gelegt werden. Darnach soll die Zugfestigkeit für Schweisseisen bei Flacheisen, Formeisen und solchen Blechen, die im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden, je nach der Dicke mindestens 34—36 kg/qmm betragen, die Dehnung d. h. die Länge, um welche sich ein Probestab unter dem Einfluss der Belastung beim Bruch ausgedehnt hat, 12%; bei Blechen mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben (z. B. bei den Stehblechen von Blechträgern), in der Längsrichtung 35 kg/qmm bezw. 10%, in der Querrichtung 28 kg/qmm und 3%; bei Nieten und Schrauben, für welche ein besonders gutes, zähes Material erforderlich ist, liegt die Mindestzugfestigkeit zwischen 36 und 38 kg/qmm, die Dehnung zwischen 15 und 18%.

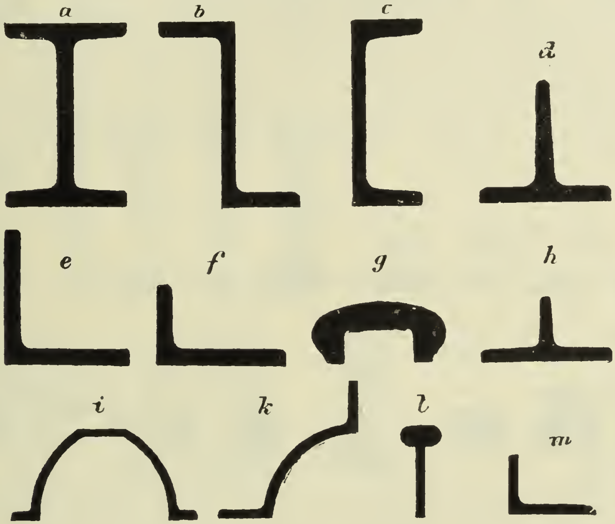
---

*) Normalbedingungen für die Lieferung von Eisenkonstruktionen für Brücken und Hochbau, aufgestellt vom Verb. deutsch. Arch.- u. Ing.-Vereine, dem Verein deutsch. Ingen. und dem Verein deutsch. Eisenhüttenleute. 4. Auflage, Verlag v. O. Meissner, Hamburg 1895.

Bei Flusseisen ist der Unterschied der Festigkeit und Dehnung zwischen der Längs- und Querrichtung ein verhältnissmässig geringer (ein weiterer Vorzug vor dem Schweisseisen). Hier soll die Zugfestigkeit in der Längsrichtung mindestens 37 höchstens 44 $^{kg/qmm}$, die Dehnung mindestens 20 % betragen; für die Querrichtung gelten die Zahlen 36—45 $^{kg/qmm}$ und 17 %; für Niete und Schrauben sind 36—42 $^{kg/qmm}$ und 22 % nachzuweisen.

Flusstahl, dessen Festigkeit zwischen 45—60 % $^{kg/qmm}$ bei 10 % Dehnung liegt, wird in Form von gewalzten Materialien zu konstruktiven Zwecken in Deutschland kaum, in Amerika dagegen bei dem Bau der Thurmhäuser in ausgedehntem Maasse verwendet. Bei uns beschränkt sich die Anwendung des Flusstahls hauptsächlich auf gegossene oder geschmiedete Stücke, wie Auflager usw., die bei hohen Belastungen anstelle von Gusseisen genommen werden.

Fig. 1169. Deutsche Normalprofile.



Zu S. 501.

Gewundenes Kreuz-E. oder Säulen-E.



a. Doppel T- oder I-Eisen. — b. ⅂-Eisen. — c. U-Eisen. — d. Hochstegiges T-Eisen. — e. Gleichschenkliges Winkeleisen. — f. Ungleichschenkliges Winkeleisen. — g. Handleisten- oder Geländereisen. — h. Breitfüssiges T-Eisen. — i. Belageisen. — k. Quadranteisen. — l. Wulsteisen. — m. Ungleichschenkliges Winkeleisen. (Die Profile l. und m. dienen für Schiffbauzwecke.)

Ueber die im Hochbau zugelassenen Beanspruchungen vergl. S. 33, Tabelle e.

Die Eisenwalzwerke liefern das Walzeisen, fabrikmässig verarbeitet, fast in allen Hauptgestaltungen und Profilen, wie der Schmied und Schlosser sie für Bauzwecke braucht.

Das Walzeisen für Bauzwecke ist in zwei Hauptgruppen zu theilen, nämlich: Stabeisen oder Profileisen, Formeisen, Fassoneisen, d. h. Material von vorwiegender Längenausdehnung mit sehr verschiedenartigem Querschnitt und Bleche, d. h. Platten mit im wesentlichen gleichmässiger Dicke und Ausdehnung sowohl nach der Länge, wie nach der Breite.

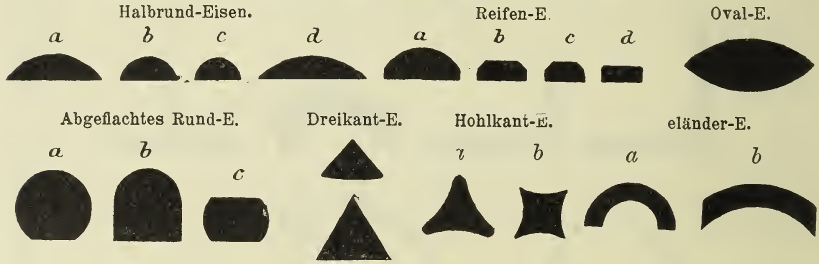
Das Stabeisen ist wieder zu trennen in das gewöhnliche Stabeisen von vorwiegend rechteckigem, quadratischem bezw. kreisrundem Querschnitt und in das eigentliche Form- oder Profileisen. Die Hauptformen des letzteren sind das I oder Doppel-T-Eisen, das L oder Winkeleisen, das T oder T-Eisen, das C oder U-Eisen, das Z oder Z-Eisen. Diese Profile wurden früher von den verschiedenen Walzwerken in sehr verschiedenen Abmessungen und nach sehr verschiedenen Grundsätzen hergestellt. Darin ist zweckmässiger Weise Wandel geschaffen

worden, durch die Aufstellung des deutschen Normalprofilbuchs für Walzeisen,*) welches für die verschiedenen Formen bestimmte, der zweckmässigen Ausnutzung des Materiales entsprechende Abstufungen in der Höhe, Flanschbreite und Dicke festsetzt. Neben diesen Normalprofilen, die von allen Werken, welche die betreffende Form überhaupt walzen, bezogen werden können, haben dieselben übrigens häufig noch eigene Zwischenprofile beibehalten, für welche sie besondere Tabellen ausgeben. Es ist dies für den Architekten von Werth, da er bei der Wahl der Profile auch anderen, als den rein zweckmässigen Gesichtspunkten Rechnung tragen muss.

Die wichtigsten Formen der Normalprofile für Walzeisen sind vorstehend in Fig. 1169 zusammengestellt.

Die I Träger werden nach den Normalprofilen in Höhen von 8—55 cm (60 cm kommen aber auch schon vor) zurzeit mit 33 Abstufungen ausgewalzt. Neuerdings gestattet die fortgeschrittene Walztechnik Profile mit breiteren Flanschen zu walzen, die also bei gleicher Höhe ein grösseres Widerstandsmoment besitzen, als die bisherigen Normalprofile. Winkeleisen werden gleichschenklig und ungleichschenklig hergestellt. Die ersteren werden nach den Normalien innen abgerundet mit Schenkelbreiten von 15 bis zu 160 mm (scharfkantige ausserdem von 13 bis zu 65 mm) gewalzt. Ungleichschenklige, innen abgerundete Winkeleisen giebt es zurzeit von 20/30 mm bis zu 100/150 mm bezw. 20/40 bis 100/200 mm (scharfkantige von 12,5/25 und 10/31 mm). Bei den T Eisen unter-

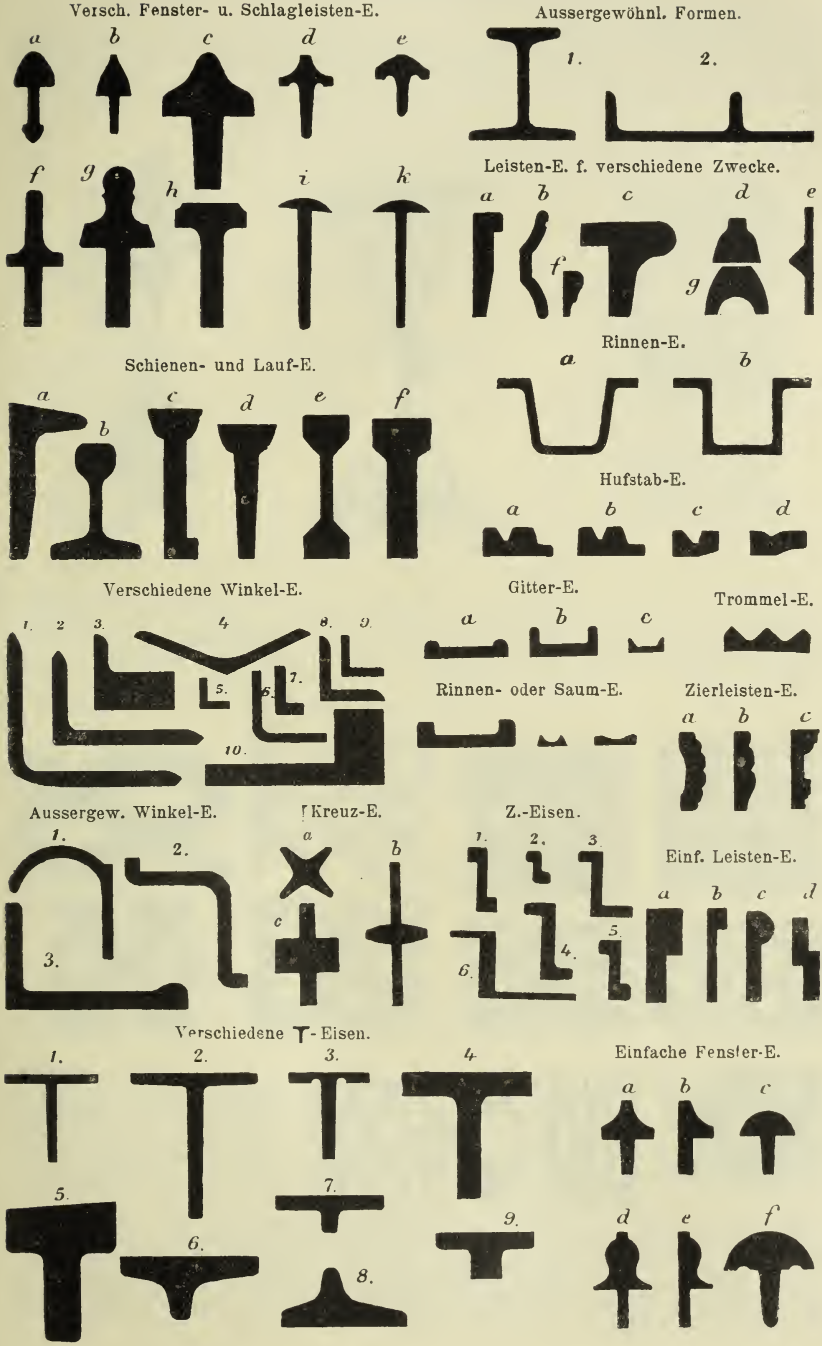
Fig. 1170. Verschiedene Stabeisenformen.



scheidet man hochstegige von 20/20 bis zu 140/140 mm (ausserhalb der Normalprofile fangen sie schon mit 13/13 mm an) und breitfüssige von 60/30 bis zu 200/100 mm. Die C Eisen werden in 16 Abstufungen von 30 bis zu 300 mm Steghöhe und von 33 (ausserhalb der Normal-Profile von 13 mm) bis zu 100 mm Flanschbreite hergestellt. Ausserdem sind noch einige ältere Profile (namentlich für den Waggonbau) beibehalten worden, die sich unter Umständen mit Vortheil verwenden lassen. Z Eisen werden von 30/38 bis zu 200/80 mm Abmessung hergestellt. Neben diesen wichtigsten Formen kommen noch vor ⌐ oder Quadrant-Eisen von 50 bis zu 150 mm innerem Halbmesser (vortheilhaft namentlich zu Stützen zu verwenden), ⌒ oder Belag-(Zores-)Eisen von 120 bis zu 240 mm Gesammtbreite, bei 50—110 mm Höhe. Aus den Eisen für Schiffsbauzwecke sind ferner unter Umständen vortheilhaft verwendbar: Wulsteisen (⌠) von 130 bis zu 400 mm Höhe, auch in Verbindung mit Winkel- (⌉) und T Eisen (T). Die Fig. 1169 zeigt ausserdem unter *g* noch ein besonderes Walzprofil, das Handleisteneisen, das namentlich als Abschluss an Geländern zur Verwendung kommt. Von der unzweckmässigen Verwendung alter Eisenbahnschienen im Hochbau ist man heute so ziemlich abgekommen (zumtheil ist sie baupolizeilich sogar verboten), auch gusseiserne Träger sind kaum mehr im Gebrauch. Ausser den vorstehend aufgeführten allgemein üblichen Profilsorten fertigen die meisten Walzwerke je nach den lokalen Erfordernissen noch gewisse Spezialitäten, z. B.

*) Deutsches Normalprofilbuch für Walzeisen zu Bau- und Schiffbauzwecken, herausgegeben vom Verbande Deutscher Architekten- und Ingenieur-Vereine, Verein Deutscher Ingenieure und Verein Deutscher Eisenhüttenleute. 5. Aufl. 1897. Verlag von La Ruelle in Aachen. Vergl. übrigens den Auszug aus den Normalprofil-Tabellen im Deutschen Baukalender, Theil II.

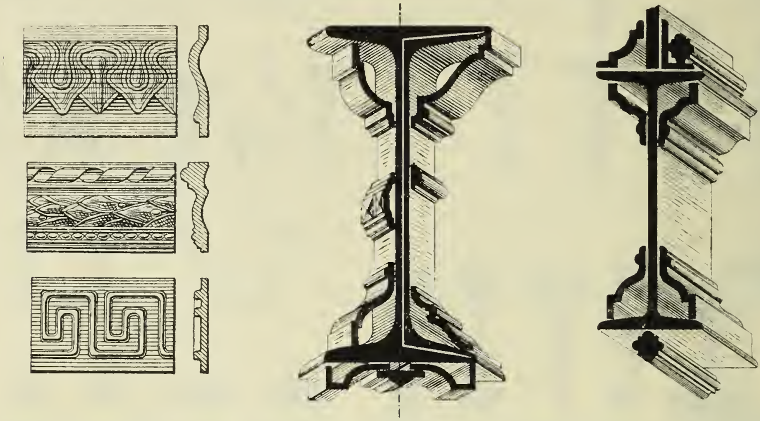
Fig. 1171. Leichte und schwere Schlosserprofile.



in Bergwerkdistrikten die Rungeneisen (⊔), die u. Umst. auch im Bauwesen gute Dienste leisten können.

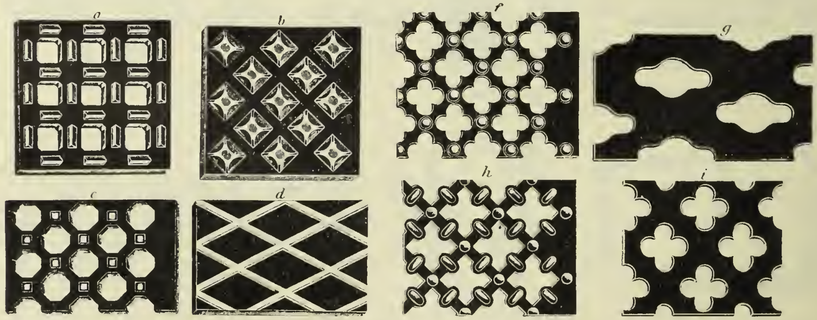
Endlich ist zu gedenken der eigentlichen „Schlosserprofile“, deren Aufzählung den hier verfügbaren Platz überschreiten würde. Es wird deshalb auf die Zusammenstellung von den wichtigsten derselben und zwar in Fig. 1170 der

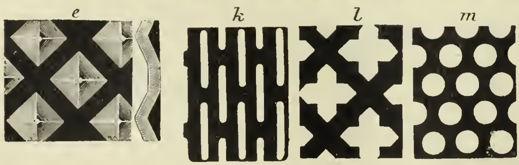
Fig. 1172. Mannstaedt'sche Zierleisten und -Profile.



einfacheren Stabformen, Fig. 1171 der reicheren Profile verwiesen und bemerkt, dass Flacheisen in etwa 46 verschiedenen Sorten von 6×13 bis zu $11^1/_2 \times 350$ und 40×72 mm hergestellt, Rundeisen bis zu 210 mm, Quadrateisen bis zu 160 mm gewalzt, darüber hinaus aber geschmiedet wird, dass für Walzeisen sieben

Fig. 1173. Gestanzte und perforirte Bleche.





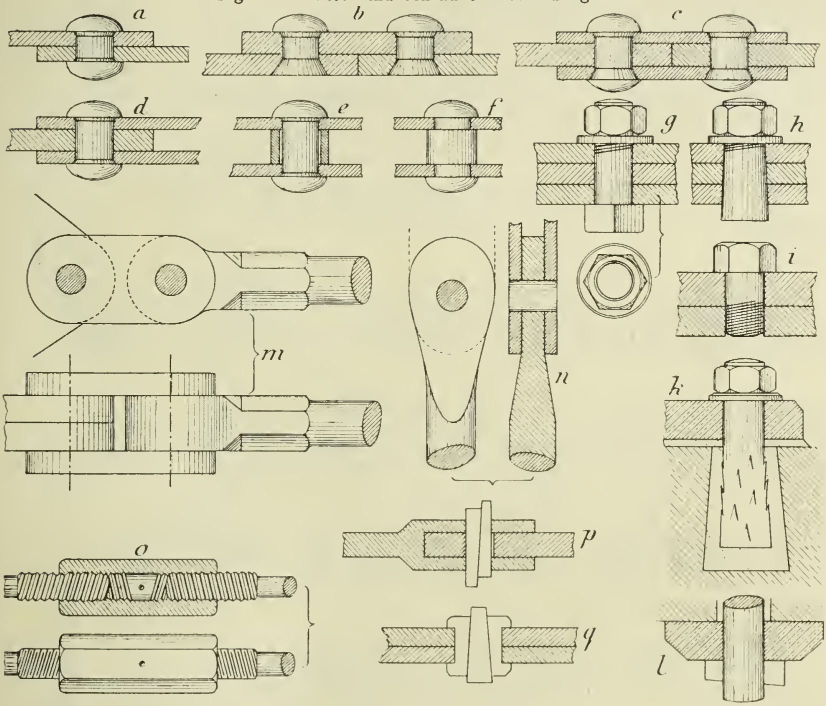
a—e als Trittstufen, Podestabdeckung und als Zierblech zu benutzen (b und e Waffelblech, d Riffelblech), f—i als Zierbleche, Setzstufen, Füllungen, k—m als Zierbleche zu verwenden.

Qualitäten bestehen, von denen blos die unterste, Handelsqualität, keinen Ueberpreis zahlt, während dieser bei der 7. Klasse, „Extra-Qualität Best-Best-Best“, zurzeit 4 M. für 100 kg beträgt. Die üblichen Längen der I Träger sind 4—12 m, der ⊏ Eisen 4—10 m, der Belageisen 4—8 m; für Stäbe über 4 m Länge sind Ueberpreise zu zahlen.

Da auch Schmiedeisen-Gasrohre gelegentlich als Baukonstruktionstheile dienen, sei über diese hier bemerkt, dass sie sowohl schwarz als verzinkt (galvanisirt) im Handel vorkommen; ihre lichte Weite steigt (nach Bruchtheilen des englischen Zolls) von 3 bis zu 102 ^{mm}; ausser den zur geraden Verlängerung dienenden geraden und Absatz-Muffen dienen Knie-, Kreuz-, T und Bogenstücke zu ihrer Verbindung.

Endlich sei hier der Mannstaedt'schen Zier- und Reliefeisen, vergl. Fig. 1172, gedacht, die in den mannichfaltigsten Formen hergestellt werden, zumtheil an sich als leichtere Konstruktionstheile dienen (Geländerstäbe, Handleisten, Schutz von Mauerecken, Einfassung von Treppenstufen), zumtheil (auch in Goldbronze) aber auch zur Bildung von Gliederungen, Gesimsen und Mas-

Fig. 1174. Niet- und Schrauben-Verbindungen.



a—f. Nietverbindungen: a = einschnittiger Anschluss; b desgl., Köpfe einseitig versenkt; c u. d doppelschnittige Anschlüsse; e u. f Stehbolzen-Niete (Verbindung f nur für kleinere Ausführungen). g—l. Schraubenverbindungen: g gewöhnliche Schraube mit Kopf und Mutter; h Schraube mit konischem Schaft; i Kopfschraube; k Steinschraube; l unteres Ende einer Ankerschraube mit Splint. m und n Drehbolzen-Anschlüsse; o Schraubenschloss (Muffe); p und q Keilverbindungen.

kirungen in Verbindung mit schwereren Eisenkonstruktionen, sowie der Zier- und Stanzbleche, Fig. 1173, die sowohl in Eisen und Stahl, als auch Kupfer, Zink und Messing in beliebigen Längen und Breiten bis zu 2500 ^{mm} angefertigt werden, gelochte Stahlbleche bis zu 25 ^{mm} Stärke, Waffelbleche von 1,5 bis zu 6 ^{mm} Dicke (mittels Pressen geprägt), Riffelbleche von 4—8 ^{mm} Stärke. Riffel- und Waffelbleche dienen vorwiegend als Belag für Stufen, Podeste usw., da die auf ihnen befindlichen Erhebungen das Ausgleiten verhindern. In gleicher Weise sind übrigens die perforirten Bleche zum grösseren Theile zu benutzen.

Eine Neuerung, die namentlich beim Treppenbau Verwendung findet, sind Mason's Beläge, Stahlplatten mit Rillen, in welche Blei eingewalzt ist, und die infolge dessen sich nicht glatt abtreten. (Schramm & Voigt, Dresden und Berlin.)

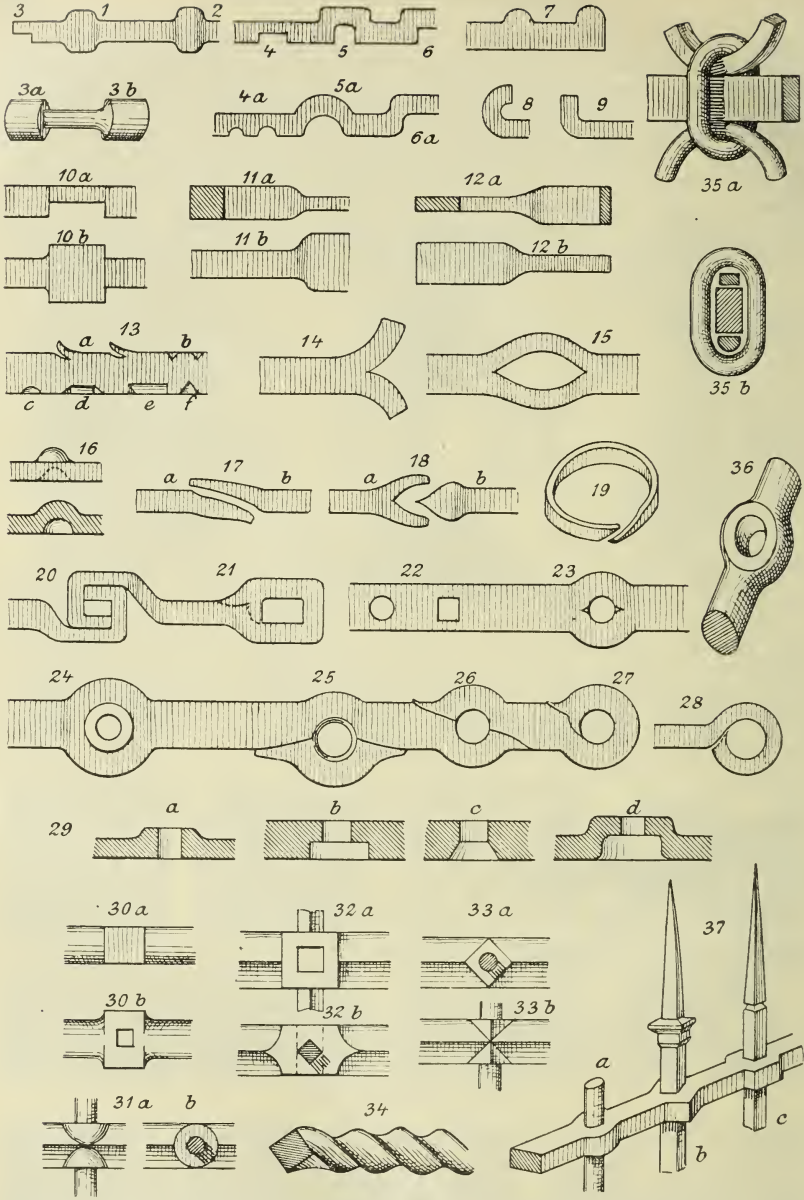


Fig. 1175. Schmiedearbeiten (Feuerarbeit.) 1 breit-, 2 voll-gestaucht; 3 abgesetzt; 3a (auf Rundeisen) scharf, 3b desgl. ausgerundet; 4 eingesetzt kantig; 4a rund; 5 kantig eingekröpft; 5a rund; 6 kantig; 6a ausgerundet verkröpft; 7 Nasen; 8 gekrümmter, 9 gerader Haken; 10 ein- und breitgesetzt; 11 breit geschmiedet; 12 umgesetzt; 13 Kanten: a) aufgehauen, b—f verschiedenartig abgekantet; 14 Ende, 15 Auge aufgehauen; 16 Narben getrieben; 17 aufschweissen; 18 Keil- oder Gabelschweissung mit vorherigem Aufstauchen; 19 Ringschweissen; 20 offene, 21 zugeschweisste Keilfasche; 22 gelocht; 23 aufgetrieben; 24 aufgetrieben und vorgestauchtes, 25 aufgeschweisstes, 26 angeschweisstes, 27 zugeschweisstes, 28 gerolltes Auge; 29 a) aufgeschelltes, b) eingesetztes, c) versenktes, d) zurückgekröpftes Auge; 30—33 verschiedene Kreuzköpfe; 34 gewunden; 35 a u. b Bundring; 36 Durchsteck-Auge; 37 Gitterschiene mit a rund-, b querkantig-, c langkantig-aufgetriebenem Auge, b Gitterspitze mit aufgeschweisstem Bundringe, c mit eingesetztem Hals.

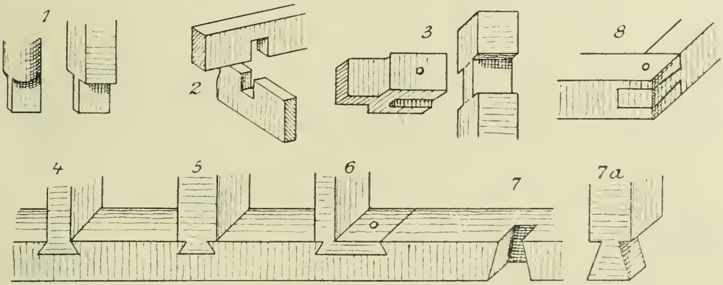
Gewöhnliche Tafelbleche (Schwarzblech) erhalten die Grösse von 1000×2000^{mm}, 1250×2500^{mm} und 1500×3000^{mm}, sowie Stärken von 0,438 bis zu 15^{mm}. Verzinkte flache Eisenbleche werden in der Grösse von 1000×2000^{mm} und mit 0,50 bis zu $2{,}50^{mm}$ Stärke fabrikmässig hergestellt. Gewellte Eisenbleche, schwarz, verzinkt, verbleit, von 0,75 bis zu 5^{mm} stark, werden als Trägerwellbleche bezeichnet, wenn die halbe Wellenbreite mindestens der Wellenhöhe gleichkommt. Dabei können die Stege senkrecht oder geneigt stehen.

Die Verwendung des Gusseisens zu Hochbaukonstruktionen ist im allgemeinen nur dann vortheilhaft, wenn dazu vorhandene Modelle unmittelbar benutzt werden können. Es wird das am häufigsten bei Freistützen (vierkantigen oder runden Säulen) zutreffen, von denen jede auf Bauguss eingerichtete Giesserei Musterbücher versendet. Gegen die sonst übliche Bevorzugung des stehenden Gusses sind in neuerer Zeit Bedenken geltend gemacht worden (Verschieben des Kerns beim Aufrichten der Gussform, Absetzen der im Eisen enthaltenen Verunreinigungen an den Ausladungen der Form usw.). Ausserdem sind viele Giessereien nicht imstande, grössere Säulen stehend zu giessen.

Beim Entwerfen neuer Formen sind zahlreiche besondere Erfahrungen zu berücksichtigen; dem Architekten ist in solchen Fällen genaueste Fühlung mit den Technikern dieses Gebietes anzurathen.

Bei der Mannichfaltigkeit des vorstehend kurz geschilderten bezw. in den

Fig. 1176. Bankarbeiten.

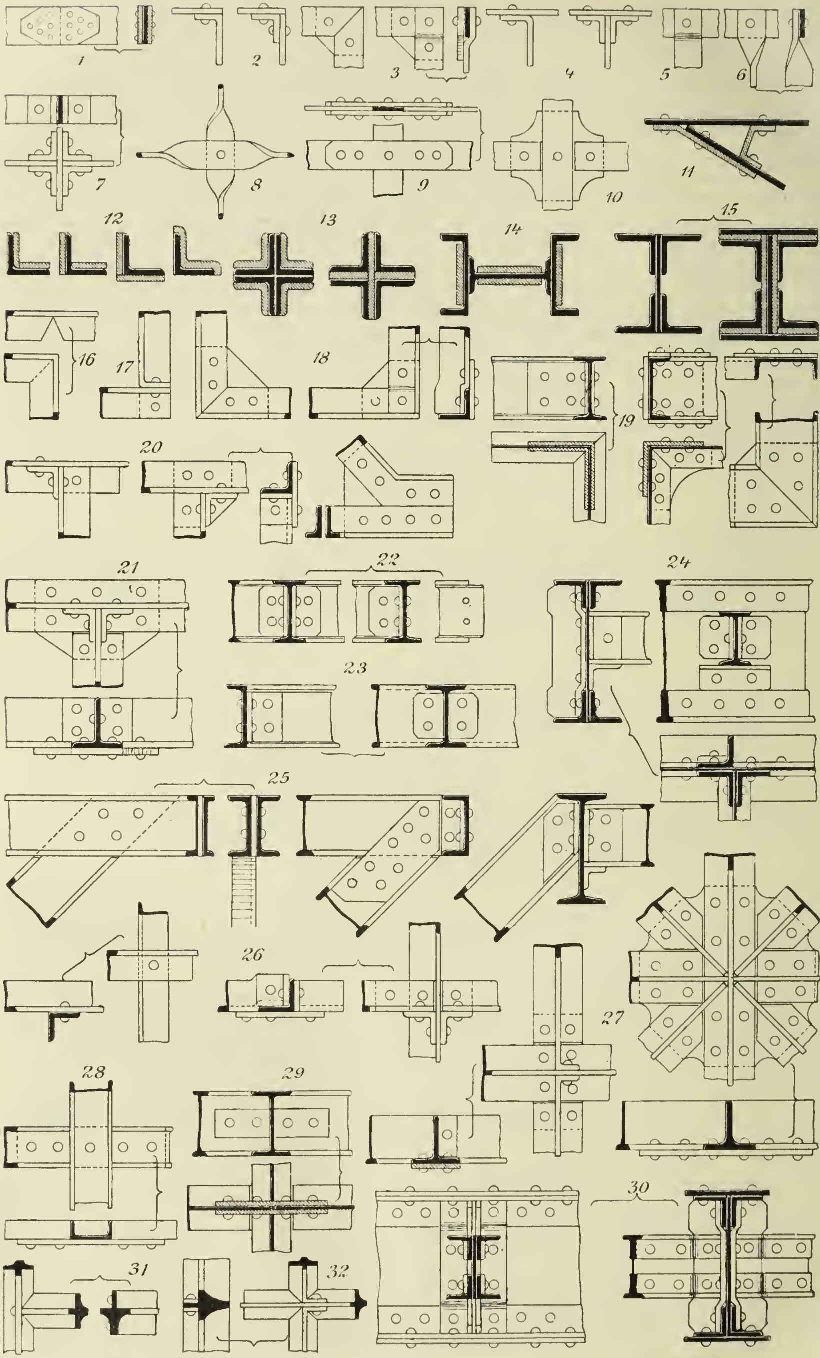


1 Zapfen; 2 Ueberklinkung (einzeln: Ausklinkung); 3 zweiseitig eingeklinkt mit Gabelzapfen; 4 mit breitem Grat eingeschoben; 5 mit Schwalbenschwanzgrat eingeschoben; 6 mit Gratwinkel eingeschoben; 7 u. 7a mit Gratblatt eingeschoben; 8 Verzinkung.

Fig. 1169—1173 gezeichneten halbfertigen Materials beschränkt sich dessen Bearbeitung für Zwecke, die hier inbetracht kommen, d. h. durch den Grobschmied und Bauschlosser zumeist auf die Herstellung von Verbindungen, Schweissungen und geringe Formveränderungen.

In Fig. 1174, S. 503 sind die verschiedenen Verbindungsmittel zusammengestellt, die bei den eigentlichen Eisenkonstruktionen vorkommen, nämlich die Vernietung, die Verschraubung, die Verbindung mit Drehbolzen, mit Keilen und mit Schraubenschlössern. Die Vernietung ist die bei uns üblichste Verbindung der Konstruktionstheile. Dabei ist der symmetrische zweischnittige Anschluss (zweischnittig, weil bei einem Zerreissen der Verbindung der Niet in zwei Querschnittsflächen abgescheert werden müsste) dem unsymmetrischen, einschnittigen vorzuziehen, weil bei letzterem die Kräfte nicht in eine Richtung fallen, also ausser Zug- bezw. Druckkräften auch Biegungen auftreten. Wenn für den Nietkopf kein Platz vorhanden oder eine glatte Fläche erforderlich ist, werden halb- oder ganzversenkte Nietköpfe angewendet. Schrauben werden zur Verbindung da angewendet, wo man die Möglichkeit der leichten Lösung haben will (also bei vorübergehenden Ausführungen), bei sehr starken Verbindungsstellen (wo der lange Nietschaft sich nicht genügend zusammenstauchen lässt, sodass also kein sicherer Anschluss des Nietkopfes erreicht wird), ferner bei Gusseisen, dass wegen seiner Sprödigkeit nicht genietet werden kann. Ausser den dargestellten Schraubenformen giebt

Fig. 1177. Verbindungen von Konstruktionstheilen.



Erklärung zu nebenstehender Fig. 1177. Verbindungen von Konstruktionstheilen.

1—10. Flacheisen-Verbindungen.

1. Verlängerung mit beiderseitiger Verlaschung. 2. Eckverbindung hochkantig. 3. desgl. flachliegend. 4. Anschluss hochkantig. 5. desgl. flachliegend. 6. desgl. zwischen flachliegendem und hochkantigem Flacheisen. Letzteres verschränkt. 7. Kreuzung hochkantig. 8. desgl. verschränkt. 9. desgl. flachliegend mit Doppellasche. 10. desgl. mit Knotenblech.

11. Schiefwinklige Verbindung hochkantiger Bleche. (Stehbleche von Blechträgern.)

12—15. Verlängerung von Profileisen.

12. Stossdeckungen für Winkeleisen. 13. desgl. Winkeleisen in Kreuzform. 14. I förmiger Querschnitt. 15. Blechträger.

16—19. Eckverbindungen von Profileisen.

16. L Eisen. Ein Schenkel ausgeschnitten, umgebogen, verschweisst. 17. desgl. Ende aufgeschnitten, ein Schenkel umgebogen, beide vernietet. 18. desgl. mit Knotenblech und zwar die beiden L schräg zusammengestossen oder das eine über das andere weggekröpft. 19. Eckverbindung von I und [Eisen stehend und flachliegend.

20—25. Anschluss von Profileisen.

20. L Eisen. 2 Schenkel direkt vernietet, die anderen durch kleinen Winkel verbunden; desgl. mit Knotenblech und kleinem Winkel; desgl. schiefer Anschluss. 21. ⊥ Eisen. Eins durchlaufend, bei dem anderen der Flansch fortgeschnitten. Verbindung durch Knotenblech und Eckwinkel. 22. I Träger. 23. [Eisen. 24. I Träger und Blechträger. Verbindung mit senkrechten Eckwinkeln, ausserdem noch wagrechter Winkel zur Stützung des I Trägers. Stehblech des Blechträgers am Anschluss durch L ausgesteift. 25. Schiefe Anschlüsse von [und I Eisen.

26—30. Kreuzungen von Profileisen.

26. L Eisen. Schenkel auf Schenkel genietet, bezw., wenn in einer Ebene liegend, das eine L durchgehend, das andere durchschnitten. Verbindung mit Lasche und Eckwinkel. 27. ⊥ Eisen. Einfache und mehrfache Kreuzung, Laschen- bezw. Knotenblechverbindung. 28. [Eisen-Kreuzung in derselben Ebene. Eines durchgehend, das andere durchschnitten. Laschenverbindung. 29. I Eisen mit Verlaschung des durchschnittenen Trägers, die Laschen greifen durch Schlitze im Steg des durchgehenden Trägers. 30. Blechträger-Kreuzung. Der höhere Träger geht durch, der kleinere ist durchschnitten. Die Anschlusswinkel (die in voller Höhe durchgehen müssen), sind verkröpft. (Statt dessen können auch Futterbleche zwischen Stehblech und L gelegt werden.)

31 und 32. Anschluss und Kreuzungen von Sprosseneisen.

31. Anschluss. Flansche schief zusammengeschnitten, Stege vernietet. 32. Kreuzung. Flansche schief zusammengeschnitten, Stege umgebogen und vernietet.

---

es noch mancherlei Kopfformen, namentlich auch architektonisch ausgebildete Schrauben zur Verwendung bei Kunstschmiedarbeiten, ferner Doppelschrauben mit mittlerem Kopf und zwei Muttern, Schrauben mit versenktem Kopf usw.

Die Drehbolzenverbindung kommt in unseren Konstruktionen im wesentlichen nur bei dem Anschluss von Zugstangen in Dachkonstruktionen usw. vor. Namentlich werden Rundstangen in dieser Weise angeschlossen. In Amerika liebt man es, ganze, unter Umständen sehr komplizirte Knotenpunkte einer Konstruktion auf diese Weise zusammenzufassen. Eine solche Verwendung empfiehlt sich überall da, wo es darauf ankommt, eine Konstruktion ohne jede Nacharbeit an Ort und Stelle durch ungeübte Arbeiter aufzustellen Bei Ausführungen, die für überseeische Verwendung bestimmt sind, wird daher jetzt auch bei uns vielfach diese amerikanische Konstruktion angewendet.

Keil- und Spannschloss-Verbindungen haben den Vorzug der Lösbarkeit und gleichzeitig der Regulirbarkeit. Sie werden namentlich in Zugstangen angewendet, die mit Sicherheit in Spannung erhalten werden sollen.

In Fig. 1175, S. 504, sind diejenigen Verbindungen dargestellt, die durch die sogen. Feuerarbeit hergestellt werden (hierzu gehören übrigens auch die Nietarbeiten, soweit sie, wie bei allen grösseren Konstruktionen, warm ausgeführt werden). Die Schweissarbeiten kommen für tragende Konstruktionstheile nur ausnahmsweise inbetracht. Hierzu dienen fast ausschliesslich die Verbindungen nach Fig. 1174.

Fig. 1176, S. 505, giebt die in kaltem Zustande auszuführenden, sogen. Bankarbeiten wieder, die ebenfalls im wesentlichen nur bei untergeordneten Konstruktionen Verwendung finden.

In nebenstehender Fig. 1177 sind schliesslich die üblichsten Anordnungen bei Verlängerungen, Kreuzungen, schrägen Anschlüssen, Eckverbänden usw. zur Darstellung gebracht und kurz erklärt. Bei Flusseisen vermeidet man Kröpfungen besser durch Futterstücke.

III. Werkstätten-Einrichtung.

Bei einsam oder abseits gelegenen grösseren Bauplätzen macht sich nicht selten das Bedürfniss fühlbar, eine kleine Schmiede- oder Schlosserwerkstatt für den eigenen Bedarf einzurichten. Dadurch wird das Schärfen der Maurer- und Erdarbeiter-Werkzeuge erleichtert, die Herstellung von Klammern, Ankern usw. verbilligt und den später hier beschäftigten Monteuren und Installateuren der Geräthetransport und die Einrichtung vereinfacht. Als nothwendigstes Inventar einer grösseren Werkstatt ist folgendes zu nennen:

Ein Schornstein von rundem, acht- oder sechseckigem lichten Querschnitt (der viereckige Querschnitt ist dem guten Zuge abträglich), um Abkühlung zu vermeiden thunlichst im Inneren der Werkstatt gelegen.

Eine Esse mit einem Feuer, 1,2—1,5 ^{m} lang, 0,8 höchstens 1 ^{m} breit, 0,75 bis 0,90 ^{m} hoch, darüber ein Rauchfang, zum Abnehmen eingerichtet, mittels zweier Hängeisen aufgehängt.

Das Gebläse muss durchschnittlich für das Feuer 50—75 ^{cbm} Luft in der Stunde liefern, bei 25—33 ^{mm} Düsendurchmesser. Bei Aufstellung einer für einfachere Zwecke genügenden kleineren „Feldschmiede“ ist Feuer und Gebläse vereinigt. (Vollständige eiserne Doppelschmiedeherde liefert u. a. H. Spelleken Nachf. in Barmen-Wichlinghausen.) Zum Feuer gehört Lösch- und Kohleneimer, Schippe, Löschschaufel, Löschhaken und Spiess.

Mit 4,5 oder 5 ^{m} Abstand von der Esse wird der Ambos auf einem Granitquader oder ausgefüttertem Eisensockel aufgestellt, 25—30 ^{kg} schwer, mit ein oder zwei Hörnern, Schrot- und Gesenkeloch, Winkelansatz.

Ein Satz Schmiedezangen und Schmiedehämmer, nämlich: 1 Zuschlaghammer (2 ^{kg}), 1 Schmiedehammer (1 ^{kg}), 1 Kreuzhammer ($1^1/_2$ ^{kg}). Ferner wird gebraucht: 1 Abschrot, wozu ein Satz von 2 Schrot- und 4 Lochhämmern nebst 1 Schlichthammer. Ein Satz Gesenke verschiedener Formen. Eine Lochplatte, die auch durch einzelne selbstgefertigte Locheisen ersetzt werden kann. Kommen viele Niet- und Locharbeiten vor, so ist eine kleine Hand-Lochmaschine, womöglich mit einer Blechscheere verbunden, nützlich. Zum sorgfältigen Ausschmieden der Nietköpfe sind Schellhämmer erforderlich.

Sind im Vorstehenden die wichtigsten Schmiedewerkzeuge bezeichnet, so folgt nachstehend das zu einem Schlosserwerkzeug Erforderliche. An der Seitenwand eine Feilbank, mindestens 0,80 ^{m} breit, 0,80—1,00 ^{m} hoch und lang genug, um zwei Schraubstöcke mit mindestens 1,7 ^{m} Abstand anzubringen. Ein Bohrwinkel, an der Wand und am Fussboden befestigt oder die Gestellfüsse beschwert. Ein Schleifstein, besser noch eine Schmirgelscheibe.

Bei ständiger Beschäftigung eines Schlossers werden ausserdem gebraucht: Feil- und Reifkloben nebst Schraubenzwinge. Ein Bohrzeug mit Kurbelgetriebe nebst einem Satz Bohrer und Bohrknarre, Bankhämmer, Schneidkluppen und Gewindeisen nebst Backen und Bohrer. Englischer (Universal-) Schlüssel und Schraubenzieher. Flach- und Kreuzmeissel, sowie Körner und Durchschlag. Ein Satz verschiedene Feilen. Draht- und Handzange, Blechscheere und Eisensäge. Steinbohrer nebst Handfäustel. Zirkel, Anschlagwinkel, Schublehre. Zu etwaigen Holzarbeiten: Stechbeutel, Raspel, Fuchsschwanz und Nagelbohrer.

Auf Bauplätzen inmitten der Stadt ist das Abhauen der eisernen Träger für die Nachbarschaft überaus lästig. Es lässt sich mit den Träger- und Fassoneisen-Schneidemaschinen von Pelz, Henry & Co., Berlin, oder Schulze & Naumann, Köthen, vollkommen geräuschlos bewirken; bei der Einrichtung einer Bauschmiede wird u. U. auf die leihweise Aufstellung einer solchen, auch die Arbeit sehr fördernden Maschine Bedacht zu nehmen sein. (In den meisten Fällen werden allerdings alle Maschinen und grösseren Werkzeuge vom Unternehmer selbst vorzuhalten sein.)

Es sei hier noch der Profil-Werkzeug-Gusstahl erwähnt, der von E. Dunkelberg, Berlin, in sechs verschiedenen Hauptsorten so hergestellt wird, dass der Schlosser sich mit Leichtigkeit Drehstähle, Stein- und Metallbohrer, Meissel, Ahlen, Schaber und was er sonst braucht, selbst anfertigen kann. Das Material wird in drei Qualitäten geliefert.

IV. Rostschutz.

Kleine ordinäre Eisentheile, die später keinen Anstrich erhalten sollen oder können, werden in noch heissem Zustande mit reinem Asphalt oder Pech überzogen, bessere Gegenstände (Thür- und Fensterbeschläge) mit Leinöl gestrichen und „abgebrannt“ (in einer Pfanne über dem Feuer abwechselnd erhitzt und abgekühlt). Verbindungen, die gangbar bleiben sollen und Theile, die in feuchte Umgebung kommen, werden nach gründlicher Reinigung mittels Drahtbürste, Stahlspänen, Säure oder Sandstrahlgebläse mit Blei- oder fetter Eisenmennige mehrmals gut deckend gestrichen. (Bei nicht dicht schliessenden Verbindungen ist dieser Anstrich vor der Zusammenfügung aufzubringen.) Ueber den Mennige-Anstrich kommt dann, namentlich wo es auf gutes Aussehen ankommt, zweimaliger Anstrich mit Oelfarbe (Vergl. Bd. I, Theil 2, Abschnitt „Maler- und Anstreicherarbeiten“). Wo das Abreiben des Anstriches nicht zu befürchten ist, gewährt auch ein sorgsam ausgeführter Anstrich mit dicker Zementmilch einen vorzüglichen Rostschutz.

Ueber die Anwendung von Druckluft zum Reinigen, sowie zum Farbeauftragen, enthält die Deutsch. Bauzeitg. v. J. 1898 S. 3 genaue Schilderung. — Nach der Reinigung vonhand empfiehlt sich eine vorläufige Abreibung mit trocknendem Oel (Siccativ).

Die Verzinkung eignet sich für alle schwereren Konstruktionstheile, die dem Wasser und Wetter ausgesetzt sind; sie wird aber von der schwefligen Säure der Stadtluft angegriffen und auch durch manche Bodenarten zerstört. Mit der Herstellung befassen sich zahlreiche Lohnverzinkereien. Die grössten Abmessungen der zu verzinkenden Stücke können (bei Grohmann & Frosch, Leipzig-Plagwitz) betragen: 11,5 m Länge bei Trägern, Stabeisen u. dergl., 1,30 m Durchm. bei runden Gefässen ohne Boden, 0,80 m bei solchen mit Boden und bei etwa 2 m Höhe, runde Rohre bis zu 0,5 m Durchmesser und 4 m Länge. Verbleiung ist besonders dort am Platz, wo saure Dämpfe auf das Eisen einwirken. (Münstermann's Löthflüssigkeit.) Der Zinnüberzug hat von jeher, namentlich bei Eisenblechen, als Rostschutzmittel gedient; bei Verwendung von Zinkchlorid beim Verzinnen hat man schnelleres Rosten beobachtet. Das Vernickeln kommt auch bei grossen Stücken immer mehr in Gebrauch, weniger üblich ist das Verkupfern und Bronziren, obschon es auf elektrolitischem Wege leicht ausführbar ist. Leutert & Co., Münster i. W., betreibt die Verkupferung von Zinkornamenten in grössten Abmessungen als Spezialität. Gleitkörper, bezw. Flächen, die nachträglich nicht geölt werden können, werden mit Wallrath oder Paraffin eingerieben.

Fig. 1178.

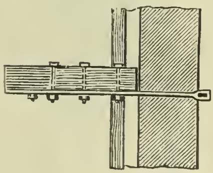
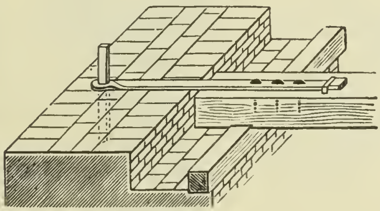


Fig. 1179.



V. Hilfsverbindungen für Maurer-, Steinmetz- und Zimmerarbeiten.

Soweit diese Verbindungen selbständigeren Charakter annehmen und aus diesem oder einem sonstigen Grunde nicht bereits bei den Maurer- und Zimmerarbeiten dargestellt wurden, sei hier das folgende darüber nachgetragen:

a. Zum unverschieblichen Zusammenhalt (Versteifen) der Konstruktionstheile dienende Verbindungen.

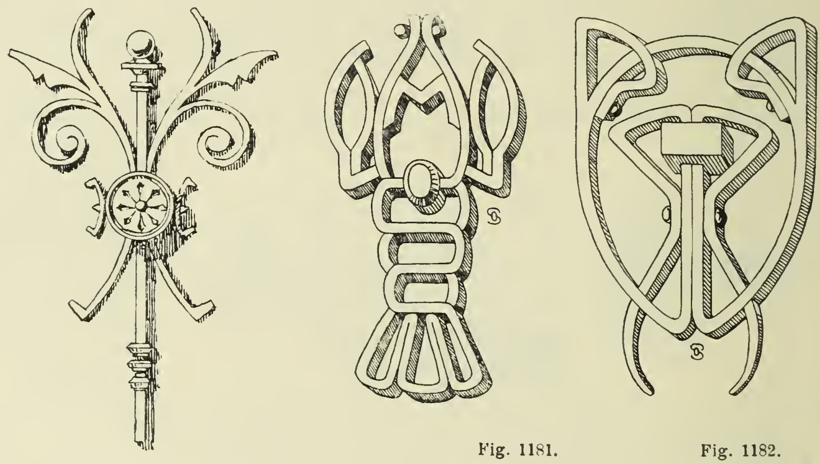
Mit Anker schlechtweg bezeichnet man gewöhnlich die eingemauerte eiserne Zugverbindung. mit Zugstange oder Schlauder dieselbe, aber sichtbare Verbindung.

Zur Verbindung zwischen Balken und Mauer dienen meist Kopfanker, Fig. 1178 u. 1179, von oben oder seitlich am Balken befestigt und zwar durch eine

angeschmiedete, in diesen eingeschlagene spitze Endigung, oder durch Aufbiegen der Endigung (Nase) und Darüberschlagen einer Spitzklammer und durch kräftige, geschmiedete Nägel, für welche im Anker Löcher vorgesehen sind. Anker, die im Mauerkern enden, erhalten hier eine angeschmiedete Oese, durch die der aus Flacheisen bestehende Splint, senkrecht oder wagrecht, gesteckt wird. Reicht der Anker bis zur Aussenseite der Mauer, so kann hier mittels Gewinde eine Ankerplatte angebracht oder es kann der Splint als architektonischer Fassadenschmuck (in Form von Buchstaben, Zahlen usw.) ausgestaltet werden; Fig. 1180 a—d giebt einige Beispiele zumtheil in moderner Formengebung. Der in der Mauer wagrecht liegende Splint kann auch, etwa aus Winkeleisen bestehend, als durchgehende Mauerlatte ausgebildet werden, Fig. 1181 (vergl. auch die Ausführungen und Abbildungen im Abschnitt Zimmerarbeiten S. 239 und 240).

Die Schürmann'schen Ankereisen bezwecken Verbilligung durch Gewichtsersparniss und Vereinfachung der Verbindungen, wobei ein Schmied oder Schlosser

Fig. 1180 a—d.



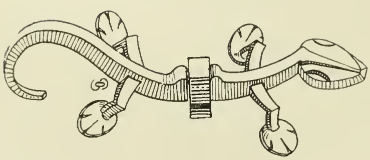


Fig. 1181.

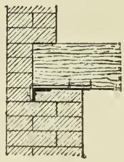
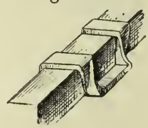


Fig. 1182.



nicht gebraucht wird. Sie bestehen aus bestem Stabeisen in den vier Stärken: 40×6 bezw. $\times 8$ und 55×6 bezw. $\times 8^{\mathrm{mm}}$; die Gewichte stellen sich auf 1,67; 2,13; 2,34 und 2,68$^{\mathrm{kg}}$ für 1$^{\mathrm{m}}$. Ihre verschiedenartige Verwendung ist aus den Fig. 710—712, S. 240 ersichtlich.

Gleichwie seit längeren Jahren die schmiedeisernen Bügel, Fig. 1182, zum Aufhängen der Rostbalken an Holzträgern angewendet werden, um die schwächenden Verzapfungen zu umgehen, werden in Nord-Amerika und auch in England an deren Stelle Hängeschuhe (den mit „Balkenschutz" bezeichneten Eisenkapseln der Balkenköpfe ganz ähnlich) Fig. 1183, aus schmiedbarem Guss (oder auch aus Blech warm gepresst) auch als Wandauflager verwendet, natürlich mit breit ausgebildetem Zapfen. Man erreicht damit folgende wichtige Vortheile:

Es werden beim Aufbau die Balkenlagen nicht dem Regen und der Mauerfeuchtigkeit ausgesetzt und man führt deshalb die Mauern mit Rüststeifen auf und bringt die Balken erst nach ausgeführter Bedachung ein. Die Gefahr der Hausschwamm-Entwicklung von Balken zu Balken wird dadurch ausserordentlich verringert.

Im weiteren ist von Bedeutung, dass grosse Balkenlöcher in den Mauern und die Uebertragung von Feuer quer durch die Auflagemauern vermieden werden. Bei ausbrechendem Brande werden die Gefahren wesentlich gemildert, welche die Schwächung der Balken in der Mitte schon hervorruft, indem sie mit ihrer Belastung als Hebel an dem Mauerwerk angreifen, die Balkenlöcher aufsprengen oder gar die Mauern umstürzen.

Dass somit auch gute Stützverankerung entsteht, ist ausser Frage. Wenn aber bei dieser Art der Auflagerung oder vielmehr Aufhängung, die Balken auch zur Zugverankerung dienen sollen — wobei man in Amerika meist mit einigen durch die unteren und seitlichen Aussparungen eingetriebenen Klöbchen sich begnügt — wendet man besser eine in Anlehnung an die Erfahrungen beim Kommunebrand 1871 entstandene Schuh-Konstruktion an, welche lediglich aus Z-Eisen oder Blech zusammengebogen ist, Fig. 1184.

Die Befestigung von Holzbalken geschieht dabei mit von unten in die sehr dünn und flach gehaltene Zugschiene a durchgetriebenen starken Nägeln und bei Eisen mittels Nietung an den Flanschen oder mit einem Schraubniet, der in den

Fig. 1183.

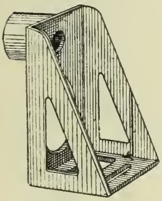


Fig. 1184.

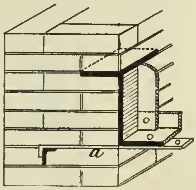


Fig. 1186.

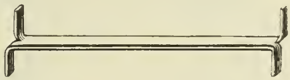


Fig. 1187.

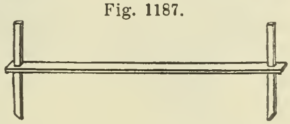


Fig. 1185.

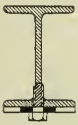


Fig 1191.

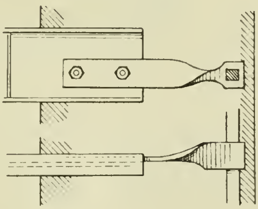


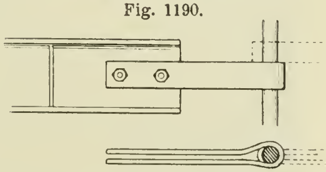
Fig. 1188.



Fig. 1189.



Fig. 1190.



Steg eingebohrt ist, Fig. 1185. Es können dann einstürzende Deckbalken die Mauern weder nach innen einreissen noch nach aussen zum Kippen bringen.

Es sei noch bemerkt, dass in Süddeutschland für die Anker, die von einer Umfassung bis zur anderen durchreichen, vielfach die Bezeichnung „Schlauder" im Gebrauch ist, während der Begriff, den wir damit verbinden, in dem Abschnitt ϑ, Seite 515 zu finden ist.

Zur Verbindung zwischen Eisen- und Mauerwerks-Konstruktionen oder zwischen Mauerwerk beiderseits dienen die im folgenden aufgeführten Eisentheile.

α. Geradlinige Anker.

Die einfachste Art der Verankerung ist in Fig. 1186 als an den Enden aufgehauene Flachschiene, in Fig. 1187, als gelochte, mit durchgesteckten Splinten von Quadrateisen dargestellt, Dass beide zwar oft genügen, aber auch schwach sein können, ist leicht ersichtlich; im zweiten Falle fehlt im gefährlichsten Querschnitt die Eisenstärke. Fig. 1188 u. 1189 geben dieselben Anker aus I Eisen geschmiedet, wobei im ersten Fall an der gefährlichen Stelle (der Ecke) sich beim Umbiegen eine verstärkende Nase bildet, während beim zweiten die Lochung durch Auftreiben erfolgt, also keine Querschnittsverminderung eintritt; dabei ist es gleichgiltig, ob der Endsteg zugeschweisst ist oder nicht. Fig. 1190 u. 1191 geben Balken-

Anker an I Eisen befestigt, der erstere auf Mittelmauer, der zweite mit verschränkter Zugstange und liegendem Splint.

Fig. 1192 zeigt einen Eisenbalken, bei welchem die Lagerplatte in Form von L Eisen gleichzeitig als Druckanker dient, Fig. 1193 desgl. als Zuganker. Eine Verbindung von Splintanker aus ⊢ Eisen (als Zuganker) und der L Eisen-Lagerplatte, die gleichzeitig sowohl als Druck- wie als Zuganker wirkt, ist in Fig. 1194 gegeben. Eine solche Konstruktion kann u. a. als Versteifungsanker (-Träger) zwischen langen Wänden dienen. Fig. 1195 zeigt eine L Eisen-Druck-Verankerung, welche zu wenig Oberbelastung aufnimmt und daher an ein tiefer liegendes ⊔ Eisen angebolzt ist, um dadurch die nöthige Belastung zu gewinnen. Häufig werden lediglich zu Versteifungszwecken I Eisen über den Hohlraum zwischen zwei Mauerkörpern verlegt, oder die mit nur niedrigem Profil erforderlichen Eisenträger werden der besseren Aussteifung wegen von höheren Profilen genommen.

Fig. 1192 u. 1193.

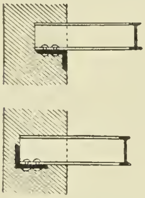


Fig. 1194.

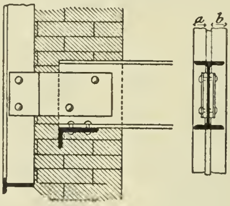
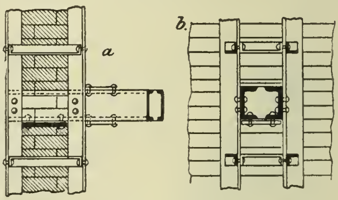


Fig. 1196.



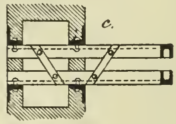


Fig. 1197.

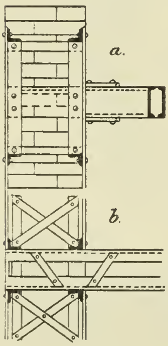


Fig. 1200.



Fig. 1199.



Fig. 1195.

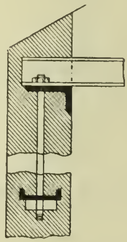
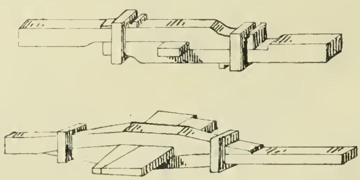


Fig. 1198 a u. b.



Einen vollständig durchgebildeten Versteifungsträger zeigt Fig. 1196, a in Seitenansicht (Mauerschnitt), b in Ansicht der Mauer, c im Grundriss. Derselbe ist nur zur Versteifung von Pfeilern konstruirt, während Fig. 1197 a, b eine ganz verwandte Konstruktion angiebt, die vollständig geeignet ist, lange Wände gegeneinander abzustützen, als Ersatz von Stützwänden, wo solche auch selbst in der Decke nicht zur Erscheinung kommen dürfen. (Siehe auch Zugstangen.)

Müssen Anker nachträglich angezogen (verkürzt) oder in mehren Stücken eingebracht werden, so bedient man sich, sofern sie zugänglich sind, der Keiltasche, wovon in Fig. 1198 verschiedene Arten dargestellt sind; wenn die Enden die Mauer durchdringen, so dass eine äussere Schraubenverbindung möglich ist, wird, um eine grosse Mauerfläche fassen zu können, eine Ankerplatte (gusseiserne Druckscheibe) Fig. 1199 angewendet. Um den Druck noch mehr zu vertheilen, werden oft noch Kreuzarme an diese angegossen, welche dann ebenfalls mit dem Mauerwerk verbolzt werden. Bei Vermehrung der Kreuzarme entsteht die Sternscheibe Fig. 1200.

Bei Verankerung von Säulenfüssen, wobei also senkrechte Anker zu verwenden sind, werden ebenfalls solche Sternplatten benutzt; eine solche dreiseitige Grundplatte zeigt Fig. 1201. Eine ähnliche Verankerung ist in den Fig. 1202a und b dargestellt, nämlich die eines Blechschornsteins über einem quadratischen Rauchrohr.

Namentlich bei senkrecht angebrachten Ankern (z. B. für Balkonträger) ist es häufig nöthig, um die Spannung nachträglich regeln zu können, dass die Schraubenmuttern in Nischen, die im Mauerwerk ausgespart werden (sogen. Ankerkammern) zugänglich bleiben. — Anstatt der Keiltasche kann auch bei Rundeisenankern das Zugstangenschloss (vergl. S. 503, Fig. 1174) angewendet werden. (Vergl. auch später unter Zugstangen Fig. 1213.)

β. Eckanker.

Sie werden entweder aus Flacheisen oder flach gelegten Profileisen einfach durch Umbiegen oder Aufschweissen gebildet und erhalten entweder nur Aufbiegungen oder Splinte an den Enden. Wenn sie einen Ecksplint haben müssen, soll derselbe mindestens in dem äusseren Drittel der Mauerstärke liegen, wenn die Ecke nicht besonders verstärkt ist. Unter Umständen erhalten sie noch eine Dreiecksverbindung, Fig. 1203, aufgenietet oder aufgeschweisst. Aehnlich sind Kreuzanker zu bilden.

Fig. 1202 a u. b.

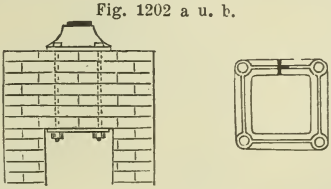


Fig. 1201.

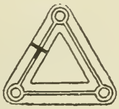
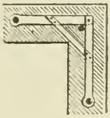


Fig. 1203.



γ. Polygonal- und Ringanker in senkrechten Mauern.

Bei polygonalem und kreisförmigem Mauerwerk, bei welchem die äussere Fugenverstrebung gegen die innere im Nachtheil ist, werden häufig um einen Ausgleich zu erzielen, nicht allein die Ecken gesichert, sondern man legt durchgehende Ringe von Blech oder flachem Profileisen in die Fugen, nahe der Aussenseite der Mauer. Man erzielt so gleichzeitig eine Verstrebung in den einzelnen Mauertheilen. Besondere Eckverbindungen sind selten nöthig; ist dies der Fall, so werden sie wie vorstehend gebildet. Sehr nothwendig sind solche Ringanker bei überwölbten Oeffnungen, sowie bei Treppenhäusern mit freitragenden Treppenstufen. Anstatt eines Eisenpolygons oder Ringes sind auch schon Ketten (nach Art der Galle'schen Gliederketten) z. B. in Tambourmauern eingelegt worden.

δ. Verschienungen.

Auf unsicherem Boden oder auf älterem Mauerwerk errichtete Bauten erhalten zweckmässig eine Verschienung schon im Fundament, oder in der ersten Schicht der aufgehenden Mauer. Es sind dies wagrechte Ankerstangen in ganzer Länge und auf beiden Seiten der Mauern, doch im Mauerwerk liegend, in angemessener Entfernung mit einander verbolzt oder mit Ringen zusammengespannt und am Ende mit senkrechten Keiltaschen versehen, welche auch zur Aufnahme von Splinten dienen.

Je nachdem mehr ein seitliches Ausweichen oder ein senkrechtes Setzen zu befürchten, ist der Querschnitt flach oder hochkantig zu wählen. Trägerprofile erfüllen auch in diesem Falle am besten ihren Zweck, namentlich da ein Ausweichen in einer Richtung ein solches in der Regel auch in anderen zurfolge hat, die Trägerform aber in beiden Fällen ihrem Zwecke gerecht wird, während Flach- oder Rundeisen einfach (schief) abgescheert werden.

Bei besonders unsicheren Bodenverhältnissen lässt sich durch Anlage einer zweiten Verschienung in entsprechender Höhe und Verbindung beider durch Ankerbolzen die grösstdenkbare Sicherheit erzielen; sie bilden dann räumliche Fachwerke.

Bei den Gründungen der amerikanischen „Wolken-Kratzer“ gewähren die in Beton eingehüllten Eisenträger, in mehreren Schichten übereinander, die grösste Sicherheit; auch neben altem Grenzmauerwerk, das nicht berührt werden darf, werden ankerartig eingemauerte Eisenträger mit Vortheil verwendet.

Auf dem gleichen Grundgedanken beruht das Einlegen von Bandeisen in die Lagerfugen des (namentlich Ziegel-) Mauerwerks. Am meisten eignen sich Bänder von 2 mm Stärke und 42 mm Breite, deren mehrere (bei 2 Stein starken Mauern z. B. 3) nebeneinander der Länge nach ausgestreckt, an den Enden auf- und um die nächste Schicht als Haken zurückgebogen werden.

Verschienungen müssen oft nachträglich angeordnet werden. Es ist auch dann wieder die Form von Trägern die zweckdienlichste, wenn, wie dies stets geschehen müsste, letztere beiderseitig, in die Mauer eingeschrotet und mit einander verbunden werden. (Solche werden stets auch auf Abscheerung inanspruch genommen). Die Verbindungen sind unter „eisernen Decken“ usw. zu ersehen.

ε. Bogenanker.

Zu der selbst bei den gerühmtesten Bauwerken Italiens üblichen sichtbaren Verankerung der Bogenwiderlager fehlt uns meist die Unbefangenheit und — was mehr ist — die Ueberzeugung von ihrer Zweckdienlichkeit (während Grässel in München sie als charakteristisches Zubehör schätzt); bei Ziegelbögen handelt es

Fig. 1204.

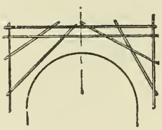


Fig. 1205.

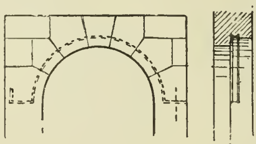
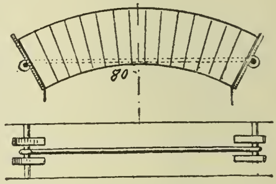
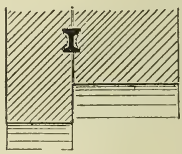


Fig. 1206.



sich auch meist nur um eine Verstärkung während der ersten Zeit, bis Steine und Mörtel zu einer monolithen Masse abgebunden haben. In vielen Fällen werden deshalb Stützanker aus einfachen Reifen, auf den Gewölbrücken verlegt, genügen. Auch die eigentlich veraltete und wenig zweckentsprechende Anordnung nach Fig. 1204 kann in solchen Fällen gewählt werden (Fig. 267—269 auf S. 105 zeigen übrigens eine solidere und bessere Ausführung eines solchen Ankers). Mehr empfiehlt sich die Einmauerung eines Ringankers im Bogen, mindestens um $^2/_3$ seiner Stärke von der Innenflucht entfernt, dessen Enden in den Widerlagern hufeisenförmig aufgebogen sind, Fig. 1205.

Fig. 1207.



Derartige Anker genügen auch bei scheitrechten und Flachbögen; als Endigung erhalten sie zentrisch angeordnete oder wagrechte Splinten oder Druckschienen, Fig. 1206.

Selbst bei Hausteinbögen genügen Anker aus schwachen I Eisen, auch ohne Splinte, wenn sie nur genau eingearbeitet und sorgfältigst (mit Zement) vergossen werden. Sie wirken dann als durchgehende Dübel, Fig. 1207.

ζ. Gewölbering-Anker für Kuppeln usw.

Sie werden in der Bruchfuge angeordnet und bestehen heute wohl ohne Ausnahme aus L Eisen. Da sie nach Kegelflächen zu biegen sind, so macht ihre Herstellung unbeholfenen Schmieden Schwierigkeiten; sie werden daher am bequemsten in Theilstücken von den Eisenhandlungen bezw. den Hütten gebogen bezogen und an Ort und Stelle mit Aussenwinkeln verlascht. Die Verbindung mit Einzellaschen ist weniger räthlich. Genaues Anpassen an Fuge und Extrados erzielt man am leichtesten durch sorgfältiges Vergiessen. Für die Kuppel der Dresdener Synagoge beabsichtigte Semper anfänglich eine Verklammerung von Stein zu Stein als Ersatz für einen Ringanker.

η. Zuganker.

Siehe „Zugstangen“.

ϑ. Gebinde- oder Winkelanker (Schlaudern).

Sie sind bestimmt, die Ecken eines dünnwandigen Bauwerkes oder Gebäudetheiles von aussen zusammen zu binden, z. B. bei Oefen, Schornsteinen, Trockenkammern. Zur Verstärkung der Ecken dienen meist Winkeleisen, der Flächen Gusseisenplatten. Im ersteren Falle wird ein Geschränke aus Flacheisen mit Haken-, Keil- oder Schraubenverbindung darum gelegt, im letzteren Falle enthalten die Platten selbst Löcher für die Zugstangen. Diese Art von Ankern wird von einigen auch Schlauder bezw. Schlaudersystem genannt. Fig. 1208—1212 zeigt sie in verschiedener Anordnung.

ι. Zugstangen.

Da Zugstangen imgrunde genommen nichts anderes sind, als theilweise oder ganz frei liegende geradlinige Anker, so trifft das über diese unter α Bemerkte

Fig. 1208.

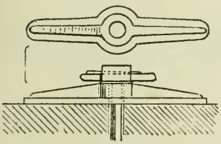


Fig. 1210.

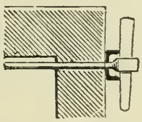


Fig. 1214.

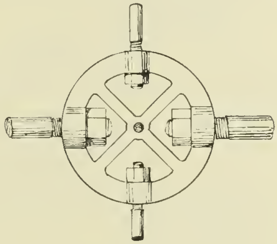


Fig. 1209.

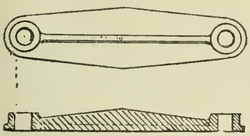


Fig. 1211.

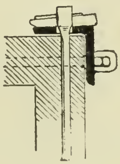


Fig. 1213.

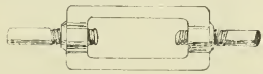
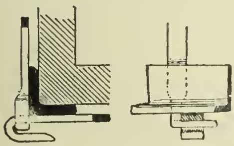


Fig. 1212.



im allgemeinen auch hier zu. Sie können aus Quadrat- oder Rundeisen, mit Splinten oder Ankerplatten hergestellt werden, auch flache U oder L Eisen können u. Umst. dazu geeignet sein. Den grossen Vortheil, durch ein in ihrer halben Länge eingesetztes Schloss eine nachträgliche Anspannung bewirken zu können, sollte man sich nicht entgehen lassen. Das Geeignetste zu dem Zweck sind Schraubschlösser mit Rechts- und Linksgewinde, Fig. 1213. In Fig. 1214 ist das Zusammentreffen mehrerer Zugstangen in einem Ring, wobei jede Stange mit besonderer Mutter versehen ist, dargestellt. Dekorativ wirkt die Ausbildung als Muffenschloss, s. Fig. 1174o, S. 503. Bei starker Beanspruchung der Zugstange empfiehlt es sich, die Gewindestärke durch Aufstauchen der Stangenenden dem ursprünglichen Durchmesser zuzugeben. Werden die Stangenenden in der Mitte über einander geschoben, so können sie auch als Keiltasche, Fig. 1198a und b, S. 512, ausgebildet werden. Um das Durchbiegen unter dem eigenen Gewicht der Zugstangen zu verhüten, werden sie häufig in der Mitte mittels schwachen Rundeisens aufgehängt; dadurch bietet sich auch ein Dekorationsmotiv. Wo Zuganker an dünnen Eisenkonstruktionen angreifen, sind sie nicht nur genau axial anzuordnen, sondern es muss auch ihr Angriff auf eine grössere Fläche durch ein Knotenblech vertheilt werden. Der Anschluss erfolgt dann häufig nach Fig. 1174m und n, S. 503 mit Drehbolzen.

ϰ. Schräglage-Verankerung.

Gegen die Wagrechte geneigte, mit dem oberen und unteren Ende auf der Mauerkrone ruhende Balken, Träger oder Sparren (z. B. von Tribünen oder Pult-

dächern) werden häufig an den Enden wagrecht umgebogen und auf die oberste Mauerschicht verlegt. In mehrfacher Hinsicht ist es aber zweckmässiger, Auflagerplatten von grosser Grundfläche dazwischen zu legen, Fig. 1215 und 1216.

Fig. 1215.

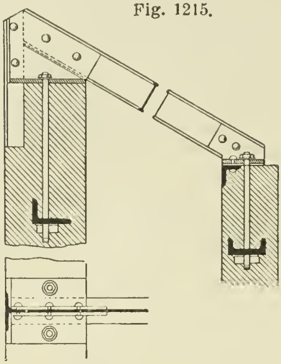
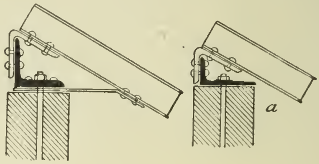


Fig. 1216.



Diese Platten vertheilen den auf Zug wirkenden Angriff, können mit dem darunter liegenden Mauerwerk kräftig verankert werden und ermöglichen, wenn sie durchgehen (wie Fig. 1215) die Ausnutzung einzelner Verstärkungspfeiler als Widerlagspunkte. Mannstädt's spitzwinkliges Winkeleisen findet als Zwischenlager zweckmässige Verwendung.

VI. Verstärkung von Holzbalken durch Eisen.

Die Tragfähigkeit der Holzbalken lässt sich durch Zuhilfenahme von Eisen in verschiedener Weise erhöhen. Die wichtigsten Formen sind in Fig. 1217 zusammengestellt.

Als nothwendiges Verbindungsmittel, auf welchem in hohem Grade die Tragfähigkeit beruht, wird das Eisen bei verzahnten und verdübelten Trägern in Form von Schraubenbolzen benutzt, welche senkrecht durch die aufeinander gelegten, niedrigen Balken durchgezogen sind und diese zu einem einheitlich wirkenden hohen Balken von entsprechend höherem Widerstandsmoment verbinden (vergl. auch Zimmer-Konstruktionen S. 256). Wenn auch die Verzahnung mit Recht als veraltet gilt, so leistet doch die Verdübelung u. Umst. noch recht gute Dienste.

In ähnlicher Weise, wie die Zugfestigkeit des Eisens in neuerer Zeit für die Verstärkung der Mauerkonstruktionen ausgenutzt wird, lässt sich ferner seine Druckfestigkeit für Holzkonstruktionen dienstbar machen, wenn diese den Eisentheilen die nöthige seitliche Aussteifung verleihen. In diesem Sinne wirken mit Eisenbogen verdübelte gekuppelte Träger, Fig. 1217b, oder solche mit beiderseitig aufgeschraubten bogenförmigen L-Eisen verstärkt, Fig. 1217a, als namentlich für Eichenholz sehr bewährte Konstruktionen. In ersterem Falle werden die ursprünglichen Querschnittslagen vertauscht und es wird von der einen Hälfte das Stammende mit dem Zopf des anderen zusammen verschraubt, Oft werden auch zwischen mehrere schmale Balken einfache Blechstreifen eingebolzt, Fig. 1217c. Die Anordnung mit äusserlich aufgeschraubten L oder I Eisen eignet sich auch zu nachträglichen Verstärkungen, wo andere Mittel versagen (z. B. bei Schwammreparaturen).

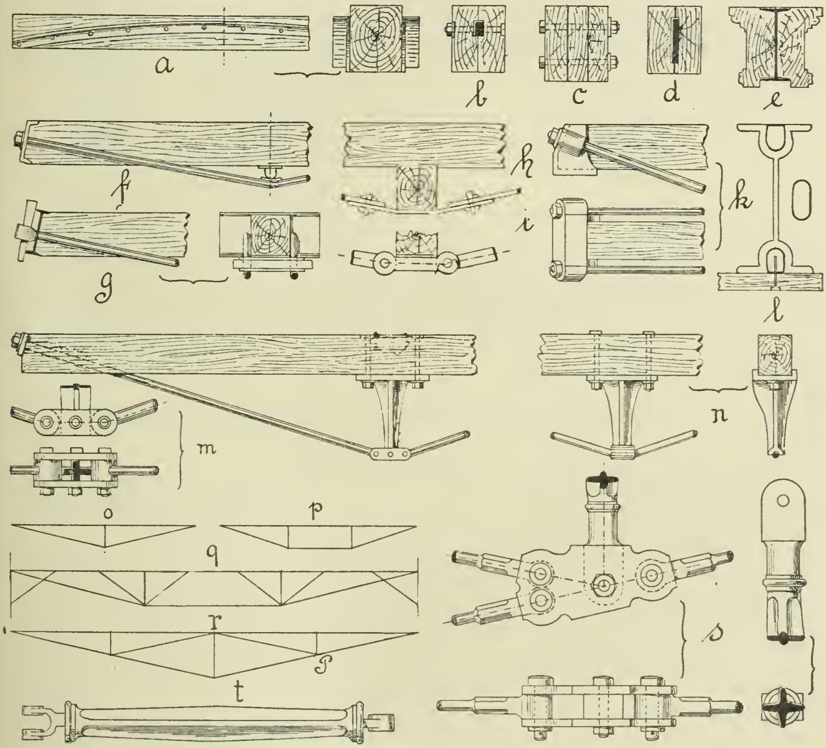
Auch mit geraden Eisenbalken verbolzte Balken aus Nadelholz, besonders bei unverkleideten Holzdecken, nach den in Fig. 1217d und e gegebenen Querschnitten, sind mitunter vortheilhaft zu verwenden. In Konstruktionen nach Fig 1217e nimmt dabei das Eisen schon einen so wesentlichen Antheil der Last auf, dass man es eigentlich schon nicht mehr als eine blosse „Verstärkung“ des Holzbalkens betrachten kann. Gewissermaassen die Umkehrung dieses Konstruktionsgedankens (allerdings nur äusserlich, da bei ihnen nur das Eisen allein die Tragfähigkeit bedingt) zeigen die Klette'schen Eisenbalken, bei denen zwischen die oberen Eisenflanschen ein Lagerholz (mit einem bituminösen Bindemittel) eingelegt wird. Statt der Holzeinlage verwendet Ziegler in Bielefeld, einen in Metall (geringwerthiges Blei) eingehüllten weichen, feuersicheren Kern, der in

die Aushöhlungen des Trägers eingetrieben wird, Fig 1217 l. Auf ähnlichem Grundgedanken beruht auch der Gocht'sche Träger, mit einer Spiraleinlage.

„Armirte Träger" im gewöhnlichen Sinne des Wortes zeigen die Fig. 1217 f—t.

Die einfachste Form mit durchhängender Reitstange, die sich besonders bei sehr grossen und wechselnden Belastungen eignet, zeigen Fig. 1217 f—k. Eine Anordnung mit zwei Rundstangen, die in der Mitte durch einen, auf einem Blechstück lagernden Keil gespreizt sind und an den Balkenenden an Schuhen aus ⊏ oder I Eisen angreifen, ist in f und g dargestellt. h zeigt eine andere Form für die Sprengung der Zugstangen, die hier aus Flacheisen bestehen, durch einen Balkenklotz, k eine Befestigung der Zugstangen am Balkenende mit gusseisernem Schuh.

Fig. 1217.



Mit gegliederter Zugstange und Sprengbock werden Verstärkungen nach Fig. 1217 m—t ausgeführt, wobei der Bock aus Gusseisen besteht. Diesem müssen sehr breite Füsse gegeben werden und es ist auch zweckmässig, den oberen Bolzenköpfen eine recht breite gemeinsame Unterlagsplatte zu geben. Fig. m und n zeigen den Balken mit einfacher Mittelstütze und den Einzelheiten derselben in verschiedener Anordnung. Fig. o—r stellt die verschiedenen Typen der armirten Träger schematisch dar.

Sind nach Fig. p—r mehrere Böcke nöthig, so werden die Knotenpunkte nach Fig. s und t gelenkig ausgebildet. In der Fig. s werden die Einzelheiten des Knotenpunktes *P* der Fig. r dargestellt. Die gusseiserne Strebe lässt sich dabei statt mit einfachem Kopf auch nach Fig. t gabelförmig ausbilden. Die Böcke aus Gusseisen werden zweckmässig durch einfache geschmiedete ersetzt, wobei

es leicht möglich ist, dieselben auch so zu bilden, dass das Nachziehen der Stangen möglich bleibt, ohne die unbequemen und theuren Schlösser anzuwenden. Sie werden mit Holzschrauben befestigt.

Fig. 1218a und b stellt einen armirten Träger von 10 m Spannweite aus der Sonnenwarte bei Potsdam dar; die Einzelheiten in Fig. 1218b sollen hauptsächlich

Fig. 1218 a.



Fig. 1219.

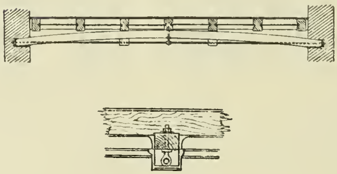
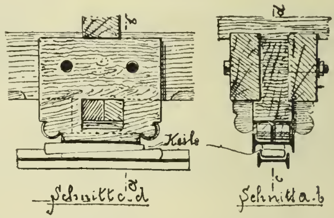


Fig. 1218 b.



zeigen, wie bequem erreichbar die Keile angebracht sind und wie dem Kippen der Eisenbandagen (aus H Eisen), das bei deren Aufrechtstellung sehr leicht eintritt, hier vollständig vorgebeugt ist.

Weit grössere Vortheile bietet die Verwendung gebogener Träger mit geraden Reitstangen aus Rundeisen, wie sie in Fig. 1219 dargestellt sind. Auch diese Konstruktion ist an der Sonnenwarte in Potsdam wiederholt ausgeführt und hat sich bewährt.

VII. Eisenrahmenwerke: Thore, Thüren, Fenster und Gitter.

a. Allgemeines.

Diese Bestandtheile oder Zubehörnisse von Bauwerken geniessen, wenn an der Aussenseite befindlich, nur einseitig oder gar nicht den vom Bauwerk gewährten Schutz; bei ihrem Entwurf sind die klimatischen Einflüsse, die sich durch Aenderung der Abmessungen und des Gefüges, Einwirkung des Tagewassers und des Windes, der Sonnenbestrahlung und des Frostes bemerklich machen, von vornherein besonders sorgfältig zu berücksichtigen. Vernachlässigung dieser Einwirkungen führt oft zur Zerstörung der Konstruktionen. Besonders bei Gusseisen ist grosse Vorsicht zu beobachten; Gusseisengitterwerk geht schon durch starke Temperaturschwankungen häufig zugrunde. Beim Einspannen zwischen Festpunkten ist zu berücksichtigen, dass Temperaturzunahmen von — 25 bis + 50° C. auf Eisenkonstruktionen eine Längenveränderung von 1 mm für 1 m zurfolge haben; bei Thüren in Brandmauern muss man mindestens mit dem sechsfachen Bewegungsmaasse rechnen. — Bei Verbindungen von Schmiedeisen-Rahmen und grösseren Gusseisenfüllungen muss jedes Material sich unabhängig vom anderen bewegen können. — Die Konstruktionen sind mit Rücksicht auf raschen, unschädlichen Ablauf des Regen-, Thau- und Schneeschmelzwassers zu entwerfen, Eis- oder Schneewinkel sind zu vermeiden, wagrechte Stege von ⊏ oder I Eisen müssen nöthigenfalls mit Ablauflöchern durchbohrt oder mit Zinkblech überdacht werden. Bei Hohlformen (Vasen, Kugeln und dergl.) ist gleichfalls für selbstthätige Entwässerung Vorsorge zu treffen, damit nicht Eisbildung im Inneren zu ihrem Zerspringen Anlass giebt.

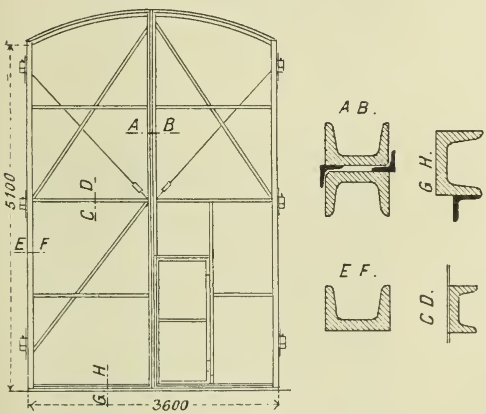
Bei Thoren und Fenstern erreichen, bei rascher Bewegung, einzelne Punkte des Rahmenwerks den Anschlag eher als deren Gesammtheit, wenn diese Rahmenstücke nicht genügend stark gewählt werden, um das (windschiefe) Verbiegen der Fläche zu verhindern. Die Folgen solcher einseitigen Beanspruchung können für den ganzen Aufbau nachtheilige sein und die Verbände lockern.

b. Verschiebungs-Einrichtungen.

Eiserne, in Falz schlagende Thüren erfordern im Falzanschluss mehr Spielraum als hölzerne Thüren, dasselbe gilt bei zweiflügelige Thüren für den Mittelbruch. Auch die Riegel und Fallen sind hier in der Länge reichlicher zu bemessen als dort. Zur Aufhängung eines eisernen Thürflügels ist nur je ein Dorngehänge (Fischband) verwendbar; die anderen Bänder müssen, als Hakenoder Kegelbänder gestaltet, Verschiebungen nach der Höhe leicht zulassen. Die unbewegten Bandtheile (Stützen) können zur grösseren Bequemlichkeit beim Anschlagen auf einen gemeinsamen Rahmen aus L- oder U-Eisen gesetzt und der letztere am Thür- oder Thorgerüst mit Steinschrauben befestigt werden. Die Schraubenlöcher im Eisenrahmen sind wegen der Verschieblichkeit länglich zu gestalten.

Spreizende Einrichtungen grösserer Längenabmessungen zwischen gemauerten oder eisernen Pfeilern (wie z. B. wagrecht liegende Gitterschienen) dürfen nur auf einer Seite unverschieblich befestigt werden. Senkrechte Gitterstäbe zwischen diesen in der Fussmauer zu befestigen, ist nur bei sehr biegsamen Stäben zulässig, am besten ganz zu vermeiden. Ueber die betr. Ausgleichs-Vorrichtungen siehe später unter „Gitter".

Fig. 1220.



c. Thore und Thüren.

Grössere Thore und Thüren, für welche nicht das Aussehen, sondern blos die Konstruktion maassgebend ist, werden — ähnlich wie die entsprechenden Holzkonstruktionen als Abgebinde — wie drehbar aufgehängte Fachwerke konstruirt. Dabei empfiehlt es sich im allgemeinen nicht so sehr, die Last durch Stützen (Streben), als vielmehr durch Aufhängen (Zugbänder) aufzunehmen.

Thüren von 1,50 m und mehr Breite (Thore), die sich um eine senkrechte Axe drehen, laufen mit ihrem freien Ende gewöhnlich auf einer Rolle und kreisförmigen Eisenschiene, wodurch die aufgehängte Last wesentlich vermindert und eine leichtere Konstruktion ermöglicht wird. — Die Anordnung einer kleinen Thür in einem grossen Thorflügel unterbricht meist dessen durchgehende Verbandtheile in unerwünschter Weise. Der zugehörige Ausschnitt muss mindestens von einem in sich geschlossenen, ausgesteiften Rahmen eingefasst werden; die Fig. 1220 betrifft ein zweiflügeliges Thor, das für 1 qm 39 kg wiegt. Die Lösung der Aufgabe wird oft erleichtert, wenn die kleine Thür nicht nothwendig rechteckige Form erhalten muss. — Schiebethore mit senkrecht aufgehängter Last gestatten in der Regel leichtere Konstruktionen als Flügelthore von gleicher Weite, auch beanspruchen sie viel weniger Bewegungsraum als diese; sie werden fast ausnahmslos mit Wellblech (von 1 bis 2 mm Stärke) bekleidet. Allerdings ist die Anbringung der oberen Laufbahn mit Zubehör, sowie der unteren Führung, mitunter schwierig; die Verschlussvorrichtung versagt leicht den Dienst, wenn sie nicht mit Umsicht und Genauigkeit ausgeführt wird. Fig. 1221 zeigt ein sorgfältig ausgebildetes Schiebethor, das mit etwa 25 kg Gewicht für 1 qm hergestellt werden kann. Falls Thüren und Thore, die sich um eine senkrechte Axe drehen, gleichfalls Wellblech-Füllungen erhalten sollen, Fig. 1222, macht der Uebergang von den Wellenthälern zu den Rahmenflächen, mittels aufgenieteter oder aufgelötheter Ablaufbleche, Fig. 1223 und 1224, eine gewisse Schwierigkeit. Man vermeidet deshalb jetzt in solchen Fällen lieber die Verwendung des Wellblechs, zumal es sich bei Brandmauerverschlüssen im Feuer

nicht zuverlässig erweist, und zieht vielfach einen, u. Umst. beiderseitigen Beschlag mit glattem oder geriffeltem Blech (1,5 bis 3 mm stark) vor. Die

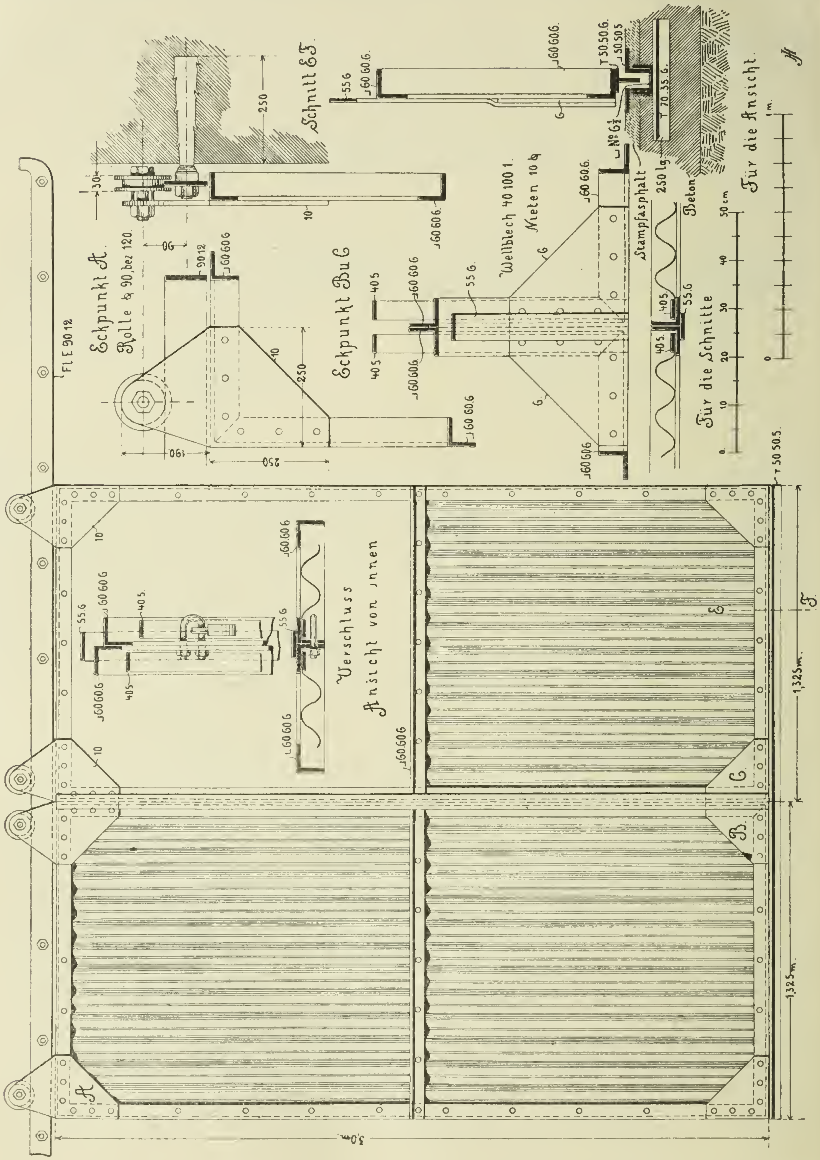


Fig. 1221. Schiebethor aus Wellblech.*)

übrigen Verbindungen, z. B. bei Gartenthoren, können in der Fig. 1225 u. 1226 dargestellten Weise erfolgen.

*) Aus „Eiserne Thüren und Thore", Konstruktionszeichnungen von Ing. J. Hoch. Verlag von O. Spamer in Leipzig.

Bei eisernen Thüren, wie sie bei Hauseingängen usw. häufig anstelle von Holzthüren zur Anwendung kommen, bleibt das Prinzip der Konstruktion, also die Bildung eines festen Rahmenwerks bestehen. Dasselbe wird aber völlig verdeckt durch Bleche, Zier- und Leisteneisen. Ein senkrechter Schnitt durch eine solche Thür ist in Fig. 1227 dargestellt.

Bei Thüren und Thoren in offener Kunstschmiedearbeit ist ebenfalls darauf zu achten, dass die Flügel einen festen, unverschieblichen Rahmen besitzen.

Uebrigens kann anstelle der Blechverkleidung auch eine Holzbekleidung des Eisenabgebindes, etwa mit theilweisen Glasfüllungen angebracht werden. Ge-

Fig. 1222.

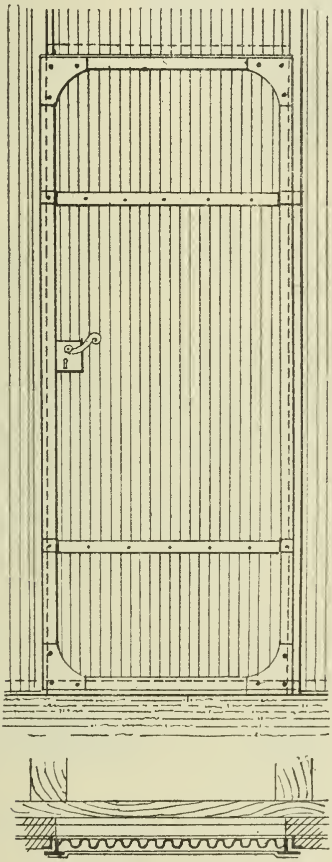


Fig. 1223.

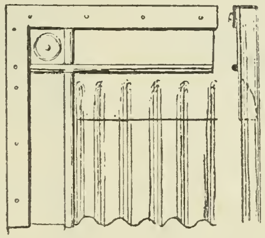


Fig. 1225.

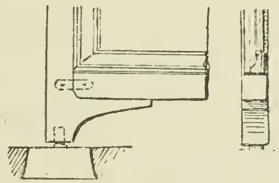


Fig. 1226.

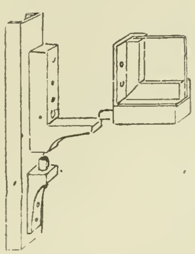


Fig. 1224.



wissermaassen die Umkehrung eines Eisengerippes mit Holzbekleidung zeigen die Spengler'schen Metallthüren, aus zwei Metallplatten (Eisen, Bronze oder dergl.) bestehend, die mittels dazwischen befestigter Holzklötze zu einer Platte verbunden sind. Die Klötze werden dorthin gerückt, wo sie zur Befestigung der Thürbeschlagtheile gebraucht werden, Fig. 1228.

Ferner ist hier der Thüren- und Thorkonstruktion System Kücken zu gedenken, bei welchem 10 bezw. 13 cm breite Holzplatten von 30 mm Stärke vollständig von einer gekanteten, 1 mm starken Blechhülle in der Weise umgeben sind, dass das Eisenblech eine ununterbrochene stabile Fläche bildet. Da der

Zutritt von Sauerstoff zu dem ummantelten Holz gänzlich abgesperrt ist, eignen sich solche Thürflügel besser als die oben dargestellten Wellblechthüren als Verschlüsse von Brandmauer-Oeffnungen.

Fig. 1227.



Fig. 1229.

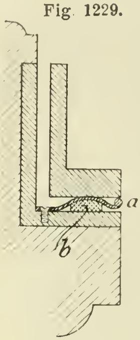
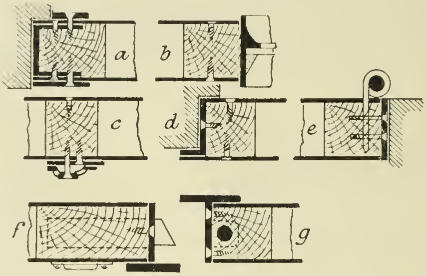


Fig. 1228. Spengler's Metallthür.



Auf die Konstruktion einbruchsicherer Thüren soll hier nicht eingegangen werden; es sei nur bemerkt, dass Siemens-Martin-Stahlplatten von 3—4 mm Stärke dem mit Thermit bezeichneten Schmelzpulver nicht zu widerstehen vermögen.

d. Eiserne Fenster.

In der Leichtigkeit, besonderen Formen des Fensters gerecht zu werden, oder das Sprossenwerk in mannichfaltiger Weise durchzubilden, steht in vielen Beziehungen das Gusseisen dem Schweisseisen voran; inbezug auf Haltbarkeit gegen Beschädigungen, die sowohl beim Transport und beim Einsetzen der Fenster, als später durch Stoss, Winddruck usw. vorkommen und inbezug auf leichtere Ausführbarkeit von kleinen Reparaturen ist das Schmiedeisen vorzuziehen. Da erhebliche Unterschiede im Gewicht bei Ausführung in Schmiedeisen oder Gusseisen nicht stattfinden, so wird bei Anwendung kleiner Scheiben das gusseiserne Fenster im allgemeinen billiger sein, zumal wenn der Guss bei geringeren Arbeiten als Herdguss ausgeführt werden kann, während bei schwachen Profilen der Schmiedeisen-Ausführung im allgemeinen die Preise etwas höher sind. Inbezug auf hochgradige Wärmeleitung sind beide Materialien ungefähr gleichzustellen, auch was Dichtheit der Fenster gegen Luftzug, Regen und Schnee betrifft, stehen die Fenster aus den beiden Materialien etwa auf gleich ungünstiger Stufe, wenn nicht durch Einlegen elastischer Gummischnüre oder geölter Filzstreifen in besonders ausgesparte Nuten, bezw. deren Falze, eine gute Dichtung hergestellt wird. (Eine gute derartige Dichtung, mit federnder Messingleiste *a* und Gummiwulst *b* verfertigt die Eisenbau-Anstalt in Pinneberg, Fig. 1229). Auch das Rosten und seine ärgerlichen Folgen (herabfliessende Rostbrühe) ist weder beim Guss- noch Schmiedeisen ganz zu verhüten.

Sowohl bei Guss- als Schmiedeisen-Ausführung ist die Einfügung beweglicher Theile (Flügel, Luftscheiben usw.) unter Umständen recht schwierig, da derartige Theile sowohl mit Rücksicht auf Dichtheit, als auch auf Steifigkeit der Fenster gegen Winddruck oft schwächend wirken. Die verhältnismässig geringe Steifigkeit, welche namentlich den gusseisernen Fenstern und denen mit schwachstegigen Sprossen eigen ist, giebt Veranlassung, die Scheiben-Oeffnungen minder gross als bei hölzernen Fenstern zu machen; es empfiehlt sich, 20—24 cm Seitenlänge der Scheiben nicht zu überschreiten, wie es auch den Räumen entspricht, zu welchen solche vornehmlich angewendet werden, nämlich Treppenhäuser, Fabrik- und Lagerräume usw.

Einen Unterschied macht es aber, wenn zur Verglasung Drahtglas verwendet wird, für welches die Begrenzung des Scheibenmaasses eigentlich erst mit derjenigen der Herstellungsmöglichkeit eintritt. Zurzeit wird es bis zu 3 m Länge

und 0,80 m Breite hergestellt; für Fabrik- und Werkstattfenster bei 4—5 mm Stärke in Scheibengrössen bis 0,5 qm. Ferner ist das Maass der Untertheilung ziemlich unbegrenzt bei der Verglasung mit Glasbausteinen, indessen handelt es sich dabei meist um unbewegliche Fenster in schwererer Walzeisenumrahmung.

Kleinscheibige schmiedeiserne Fenster sind in den Fig. 1230 a—d dargestellt, die zugehörigen Einzelheiten Fig. 1231 in 1/4 natürl. Grösse. Hiernach besteht der Blind- oder Futterrahmen aus einem Kreuz- oder einem scharfkantigen Winkeleisen, das die innere Mauerwerkkante der Fensteröffnung einfasst. Daran legt sich ein halbes Fenster- (oder Sprossen-) Eisen und auf den Zwischenraum bis zum anderen Fenstergewände werden die senkrechten ganzen Fenstersprosseneisen, je nach der Scheibenbreite vertheilt. Solche Eisen werden von 20—50 mm Höhe mit 0,80—2,78 kg Gewicht für das Meter hergestellt. Bei Fenstern bis etwa 1,50 m Breite kann zu den wagrechten Sprossen ein erheblich niedrigeres Profil verwendet werden. Die senkrechten Sprossen werden dann an den Kreuzungspunkten nach diesem kleineren Profil in ihrer Mitte ausgestanzt, vergl. Fig. 1232 und etwas ausgeweitet, das schwächere Profil wird an derselben Stelle ein wenig ausgeklinkt und die Kreuzungsstelle sodann vernietet. Bei breiteren Fenstern wird zu den wagrechten Sprossen dasselbe Profil wie zu den senkrechten verwendet, beide werden am Kreuzungspunkt um die halbe Höhe ausgeklinkt (am besten gleichfalls durch Ausstanzen). Worauf es ankommt ist immer, dass der Kittfalz, der die Glastafel aufzunehmen hat, ringsum in einer Ebene liegt.

Fig. 1230.

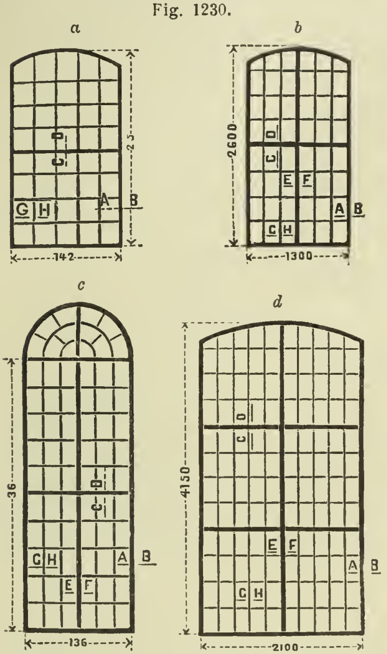


Fig. 1231.
Einzelheiten zu Fig. 1230 in 1/4 der natürlichen Grösse dargestellt.

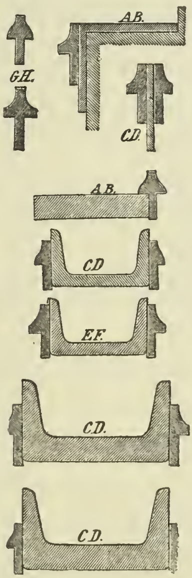
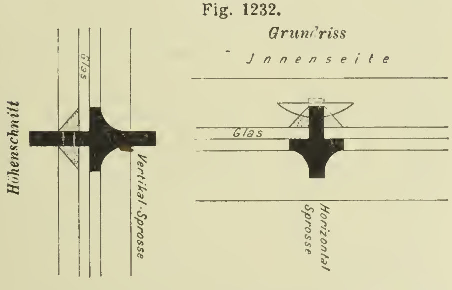


Fig. 1232.



Das Gesammtgewicht derartiger Schmiedeisen-Fenster ist folgendes (vergl. Fig. 1233 a—c):

a. 54 Scheiben zu 22,5 × 27,5 cm, 3,34 qm Grösse, 48 kg Gewicht ergiebt auf 1 qm 11,4 kg.

b. 48 Scheiben zu 25 × 33 cm, 3,96 qm Grösse, 49 kg Gewicht, ergiebt auf 1 qm 12,3 kg.

c. 30 Scheiben zu 25 × 30 cm, 2,25 qm Grösse, 36 kg Gewicht, ergiebt auf 1 qm 16 kg.

Die angegebenen Konstruktionen genügen für alle üblichen Fensterbreiten. Bei ungewöhnlichen Breiten oder für aufgehende grössere Flügel werden Unterabtheilungen und Versteifungen als feste Fensterkreuze aus schwachen U-Eisen hergestellt, wie das vom Personenbahnhofe Dresden-Neust. stammende Beispiel Fig. 1234 (von Bulnheim in Bautzen) zeigt. Besondere Schwierigkeit bereitet die

Fig. 1234.

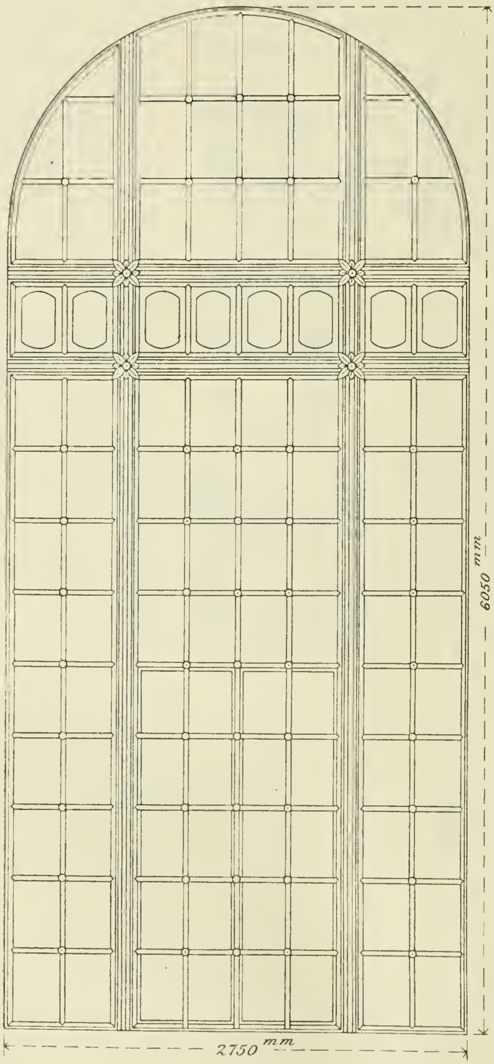
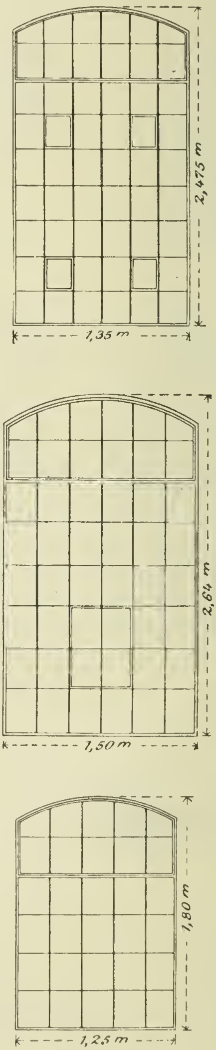


Fig. 1233 a—c.



Aussteifung der riesigen Glasflächen, welche die Stirnseiten der Bahnhofhallen abschliessen (die sogen. Bahnhofschürzen). Bei Fig. 1235, ebenfalls ein Beispiel vom Bahnhof Dresden-N., haben die quadratischen Scheiben (4 mm starkes fein geripptes Rohglas) je 50 cm Seitenlänge; sie sind in Felder von je 9 Stück zwischen Schmiedeisensprossen zusammen gefasst; die breiteren Rahmeneisen sind

an der Rückseite durch Gitterbalken ausgesteift. Ein Laufsteg an der Aussenseite vermittelt die Zugänglichkeit.

Die Kittfalze legte man früher fast stets nach aussen, was aber die Erneuerung einzelner Scheiben sehr erschwert, wenn das Fenster in einem oberen Geschoss liegt. Vor dem Einlegen der Glasscheibe wird auf den — jederzeit mit Oelfarbe zu grundirenden — Kittfalz ein dünner Kittstreifen aufgedrückt, um eine ebene, nachgiebige Glasunterlage zu bilden. Der Kitt besteht am besten aus Kreide und Leinöl; Mennige- oder Bleiweisszusatz macht ihn vor der Zeit spröde. Ein Verstiften der Scheiben, welches das Bohren von Splintlöchern in die Rippe des Fenstereisens erfordert, ist nur bei grossen Scheiben oder dort, wo der Kittfalz aussen liegt und ein starker Luftdruck nach aussen zu befürchten ist, üblich.

Für Lüftungszwecke wird in der Regel der obere Fenstertheil als Kippflügel, um eine in seiner unteren Kante oder in seiner halben Höhe liegende wagrechte Axe drehbar ausgebildet.

An dem unteren Rahmen werden zu dem Zweck zwei nach rechts und links vorstehende Stifte angenietet, die sich in Oesen, die am Futterrahmen angenietet

Fig. 1235.

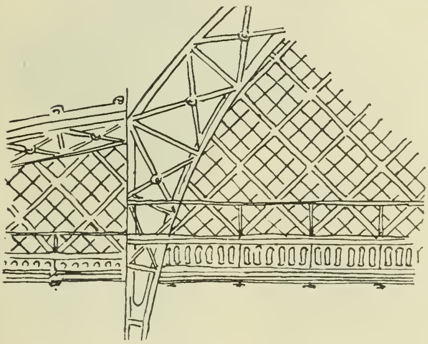
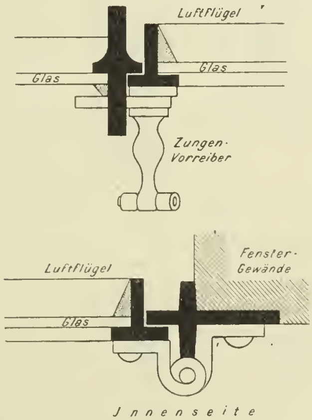


Fig. 1236 a und b.



werden, drehen. Den oberen und die seitlichen Schenkel solcher Kippflügelrahmen macht man in der Regel aus T Eisen, bei schwerer Verglasung aus Z Eisen, auch wird er häufig beiderseits mit Blechbacken in Form von Kreisausschnitten zur Abhaltung von Zugluft und Regen besetzt. Den Wechsel (unteren Rahmen) bildet ein Kreuzeisen, u. Umst. durch ein halbes Sprosseneisen verstärkt. Auch wird hier meist ein abgebogener Streifen verzinktes Eisenblech als Wetterschenkel aufgenietet. In vielen Städten verlangt die Baupolizei die Anbringung von „Rettungsflügeln" in eisernen Fenstern, mit genauer Vorschrift ihres (verschieden grossen) Mindestmaasses. Lüftungsflügel im unteren (festen) Fenstertheil, auch „Schösschen" genannt, werden meist nur in der Grösse einer Scheibe hergestellt. Ihr Rahmen wird am einfachsten aus schwachem T Eisen zusammengebogen und mit aufgenieteten Bändern angehängt; ein Zungenvorreiber, der in einen Schlitz der Vertikalsprosse eingreift, bildet den Verschluss (vergl. Fig. 1236a und b). Damit die Glasscheiben in eine Fläche kommen, wird das Sprosseneisen manchmal mit einem Flacheisenkranz besetzt, der den Anschlag bildet. Bei architektonisch bevorzugten Räumen (Treppenhäusern usw.) erhalten die Kipp- und Lüftungsflügel bronzene Bänder, deren Lappen durchgesteckt und vernietet werden, auch werden in solchen Fällen (wie in der Frauenklinik zu Dresden) die Blindrahmen aus Holz hergestellt, um das feuchte Beschlagen und die Reifbildung zu verhüten.

Die Möglichkeit der Zusammensetzung verschiedener Eisenprofile, um Rahmen zu bilden, ist mit den angeführten Beispielen keineswegs erschöpft, indessen ist eine gewisse Vorsicht dabei geboten, weil allzu komplizirte Uebereinander-

packungen in den Fugen zufolge der Capillarität leicht Feuchtigkeit anziehen und dann von innen heraus verrosten.

Die Verbindung der Sprossen mit den Rahmen erfolgt, wie bereits bemerkt, durch Zapfen und Vernietung letzterer, die der Sprossen unter einander durch Ausklinken mit Ecküberschneidung (vergl. auch Fig. 1177, No. 31 u. 32, S. 506). Die weiterhin, auf S. 527 angegebenen besonders reifen Konstruktionen erreichen zuweilen nur 12,5 kg Gewicht für 1 qm einschl. des Blindrahmens.

Die schmiedeisernen Rosettenfenster von Lempertz in Köln-Braunsfeld, Fig. 1237, haben die Eigenthümlichkeit, dass die wagrechten Sprossen in voller Stärke ohne jede Querschnittschwächung durchlaufen, während bei den vorher besprochenen Konstruktionen der Steg der Sprosseneisen, wenn sie senkrecht und wagrecht vom gleichen Profil sind, auf halbe Höhe ausgefeilt oder ausgestanzt werden muss. Die Einzelheiten stellt Fig. 1238 dar. Die Kittfalze liegen bei ihnen auf der Innenseite. Sie werden gleichfalls sowohl mit Kippflügeln als auch mit mehrscheibigen Lüftungsflügeln mit senkrechter Drehungsaxe geliefert.

Fig. 1237 a—c.

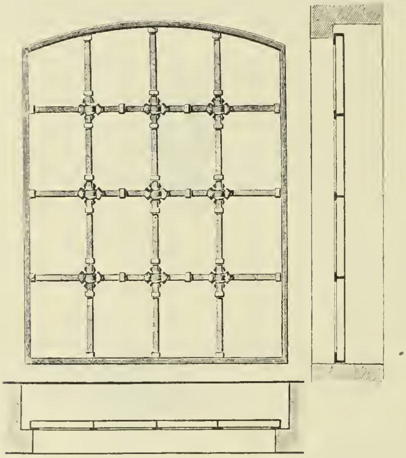
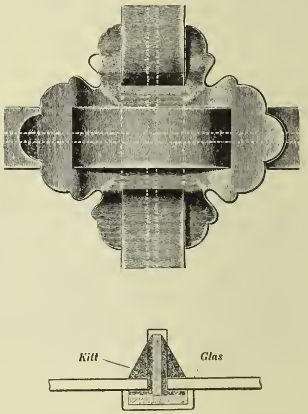


Fig. 1238 a und b.



Eine besondere Art schmiedeiserner Fenster sind ferner die Scherrer'schen Rettungsfenster, vergl. Fig. 985 u. 986, S. 372.

Eine andere Sonderkonstruktion, welche im allgemeinen die Rahmenbildungen von Holzfenstern nachahmt, jedoch gestattet, mit geringeren Rahmenstärken auszukommen, also grössere Lichtfläche gewährt, ist das in Fig. 1239 als einfaches, in Fig. 1240 a und b als Doppelfenster dargestellte Spengler'sche Panzerfenster; Fig. 1240 b stellt dasselbe mit festem Mittelpfosten dar. Diese Art Fenster gewährt dem Architekten grossen Spielraum zur Ausbildung des äusseren Fensters und der Fensternische und verhütet Schwitzwasserbildung. Sie stellt sich im Preise nicht höher als ein gewöhnliches Holz-Doppelfenster.

Auf besondere Anforderung kann das Aussenfenster engmaschig als „einbruchsicher" vergittert oder verstäbt werden, wie es für Krankenhäuser, Irrenanstalten usw. öfter zur Ausführung gekommen ist.

Grossscheibige Fenster, welche unter Verwendung neuerer Walzprofile aus Schmiedeisen hergestellt sind, ermöglichen es, grösseren Ansprüchen auf Festigkeit und Dichtigkeit zu entsprechen. Fig. 1241 a—e zeigen ein Fenster, wie es zuerst in Paris, Belgien, dann auch in Berlin, mannichfach ausgeführt ist, lediglich aus T Eisen mit Unterschneidung und aus Z Eisen gebildet, nebst unterschnittenen Sprosseneisen. Die Verbindung des Fensterkreuzes ist mit einem aufgeschraubten Kreuz aus schmiedbarem Eisenguss hergestellt (a, a'), die Schweissrinne (e) aus verzinktem Eisenblech, während die Dichtungen aus Gummiröhrchen bestehen, welche mittels Leinölfirniss in die Unterschneidungen eingeklebt sind. Dadurch,

dass die Eckverbindungen der Z Rahmen durch Umbiegen der Stegenden und Uebernieten derselben hergestellt werden, bleiben Schlitze zwischen den Stegen der T und Z Eisen bestehen, in welchen die Flügel der Bänder usw. durch Aufnieten befestigt werden können, ohne die Rahmen zu schwächen.

Luftflügel werden „einscheibig“ nach Fig. 1242 hergestellt, „mehrscheibig“ gewöhnlich nur als „Kippflügel“, Fig. 1243, wobei eine oder einige Sprossen ausfallen und ein Verglasungs-Steg der Hälfte des Kippflügel-Rahmens entsprechend „versetzt“ wird. Bei grosscheibigen Luftflügeln wendet man Z Eisen an, wie Fig. 1244 zeigt.

Wenn auch dem Schmiedeisen wegen der Unabhängigkeit von einem Modell, der Möglichkeit beliebiger Bearbeitung und der grösseren Widerstandsfähigkeit

Fig. 1240 a.

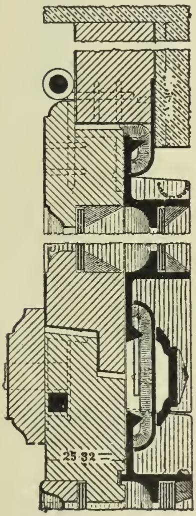


Fig. 1241.

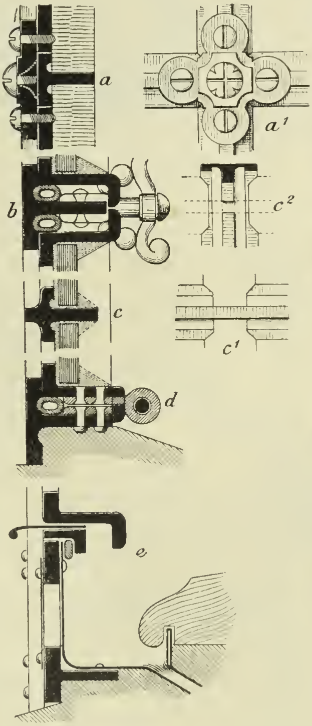


Fig. 1243.

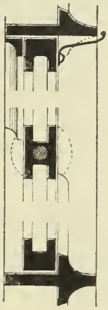


Fig. 1239.

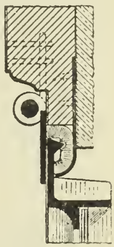
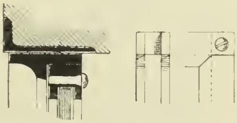


Fig. 1242.



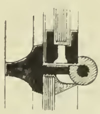


Fig. 1244.

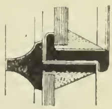
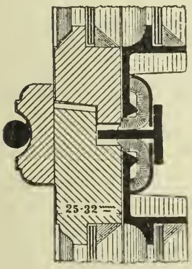


Fig. 1240 b.



gegen Biegen und Stösse gewisse Vorzüge zukommen, so wird doch auch das Gusseisen in vielen Fällen mit Vortheil verwendet. Namentlich widersteht es dem Rost besser, als das Schmiedeisen, besitzt auch in sich eine grössere Steifigkeit und ist den aussergewöhnlichen Fensterformen mit grösserer Leichtigkeit anzupassen. Die Sprossen sind allerdings etwas breiter, als in Schmiedeisen, was bei knappen Lichtverhältnissen zu berücksichtigen ist; sie werden gewöhnlich in Herdguss ausgeführt, infolge dessen fällt die eine (obere) Seite flach und der Querschnitt T förmig aus.

Ein geringeres Einheits-Gewicht als 20 kg für 1 qm gusseisernes Fenster lässt sich kaum erzielen; andererseits erfordern selbst die grössten Fenster (15 qm und mehr Fläche) kein Einheits-Gewicht, welches 30 kg übersteigt.

Zur Herbeiführung dichten Schlusses, die Rahmen **einseitig** zu bearbeiten, also die „**Gusshaut**“ zu entfernen, ist dringend abzurathen, da infolge eintretender ungleicher Materialspannung später leicht Bruch eintritt.

Die Fig. 1245a—d zeigen ein als Kastenguss hergestelltes Fenster, dessen Fläche durch feste Kreuze in Theile von 3—4 ^{qm} zerlegt ist, nebst seinen Einzelheiten. 1 ^{qm} wiegt rd. 24 ^{kg}.

Die Befestigung der Gusseisenrahmen am Mauerwerk oder am Fenster-

Fig. 1245a—d.

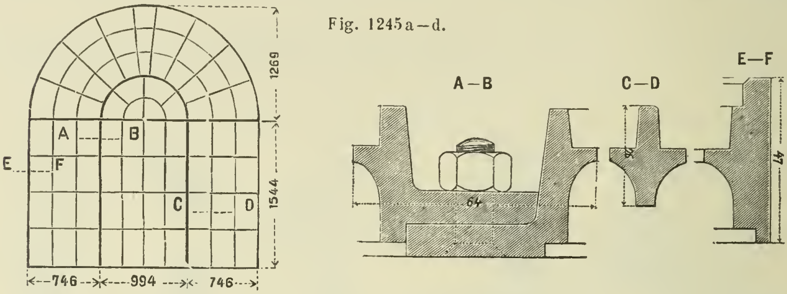
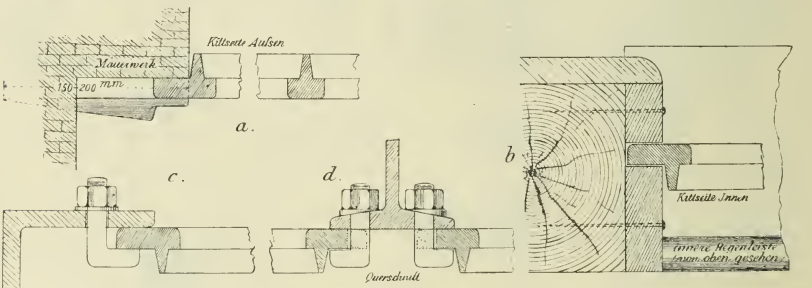


Fig. 1246a—d.



gerüste kann in verschiedener Weise erfolgen, wie aus Fig. 1246a—d zu ersehen ist und zwar für die Befestigung an Stein, Holz- und Eisenfachwerk.

Die Befestigung gusseiserner Fenster in Maueröffnungen **mittels angegossener Zapfen** ist nur in Gebäuden empfehlenswerth, deren Mauern geringen Wärmeschwankungen unterliegen.

Das Gesammtgewicht derartiger Gusseisen-Fenster in Stichbogenform von der angegebenen Grösse nach vorhandenen Modellen (lichtes Fenstermaass) stellt sich nach Fig. 1247a—c wie folgt:

a. Breite und seitliche Höhe 2,00 × 3,76 ^{m} = 54 Scheiben auf 165 ^{kg} Gewicht, d. h. auf 1 ^{qm} rd. 22 ^{kg}.

b. Breite und seitliche Höhe 1,69 × 2,26 ^{m} = 48 Scheiben auf 105 ^{kg} Gewicht, d. h. auf 1 ^{qm} rd. 27 ^{kg}.

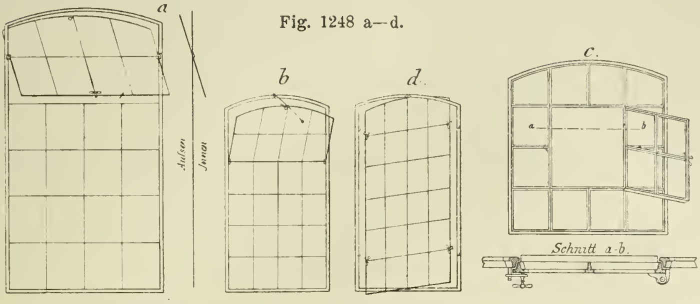
c. Breite und seitliche Höhe 1,30 × 2,24 ^{m} = 30 Scheiben auf 82 ^{kg} Gewicht, d. h. auf 1 ^{qm} etwa 27 ^{kg}.

Im allgemeinen nimmt das Einheitsgewicht mit der Grösse des Fensters ab, hängt dabei aber stets auch von der Anzahl der Sprossen und der Art der Lüftungsflügel ab. Der ungefähre Durchschnitt für mittelgrosse Fenster beträgt 22—28 $^{kg/qm}$.

Die Möglichkeit, **bewegliche Theile** (Flügel) einzurichten, ist bei Gusseisen-Fenstern wegen der grösseren Steifigkeit des Rahmenwerks fast grösser, als beim Schmiedeisen. Ausser den in gewöhnlicher Art (seitlich) aufgehenden Flügeln giebt es, wie Fig. 1248a—d zeigt, auch hier wagrecht drehbare Oberlichte, Mittelflügel und ganz drehbare Fenster, am zweckmässigsten ist bei solchen die Drehung um eine senkrechte Axe; ferner nach oben aufklappbare sowie jalousie-

artig zu öffnende Fenster, endlich auch Schiebefenster mit Gegengewichten, vergl. die Fig. 1248 a—f. Am gebräuchlichsten ist der sogen. Tummelflügel

Fig. 1248 a—d.



mit wagrechter Drehaxe, der durch sein Eigengewicht zufällt und durch Drahtseil und Kette, oder Hebel und Stellstange, oder selbstthätigen Federverschluss oder Rollenführung bethätigt wird. In Fig. 1249 a—c sind einige Beispiele solcher Verschlüsse dargestellt. Fig. a stellt einen Exzenter-Beschlag mit Fangbügel und Hubstange dar (sogen. Marasky - Beschlag). Der Exzenter ist mit zwei Ansatzstücken und einer Nase versehen. Erstere drücken beim Anziehen der Stange das Fenster an den Rahmen (I), letztere rückt beim Oeffnen den Flügel vom Rahmen ab. Fig. b stellt einen Federbeschlag

Fig. 1248 e und f.

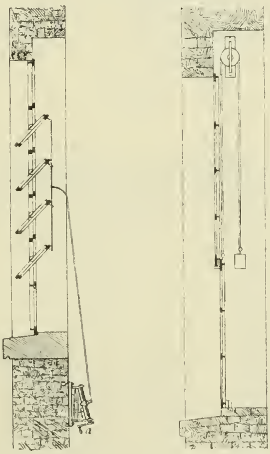
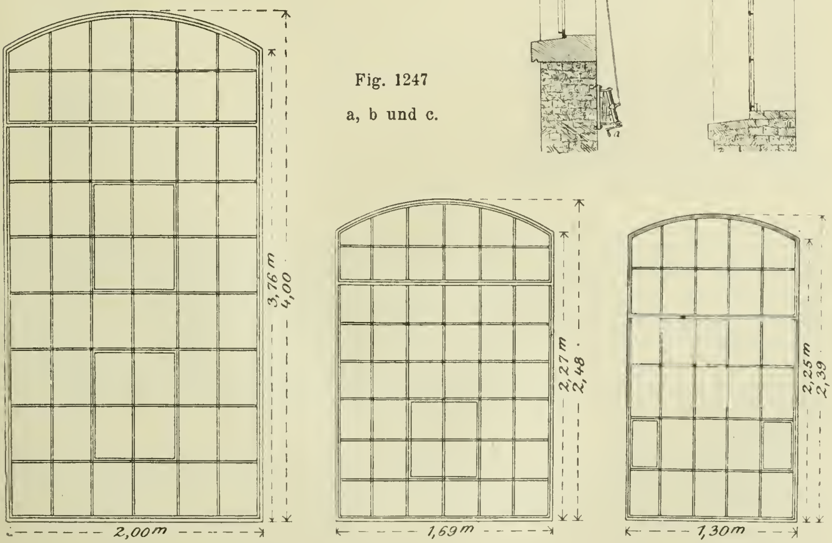


Fig. 1247

a, b und c.



dar. Der federnde Vorreiber wird mit Schnur, Kette oder Drahtseil ausgelöst. In Fig. c wird ein Tummelbeschlag mit Federverschluss vorgeführt. Er ist namentlich vortheilhaft für Oberlichte, die sich um eine wagrechte Axe drehen.

Die Flügel werden beim Zufallen selbstthätig geschlossen. Fig. 1249d schliesslich zeigt einen Schnappschlossverschluss. Durch Ziehen an der Oese wird das federnde Verschlusstück unter der Nase herausgezogen. Beim Zuschlagen greift es selbstthätig wieder ein. Eisengiessereien, die diesen Fabrikationszweig als Spezialität betreiben (und es empfiehlt sich, nur an solche sich zu wenden) verfügen über reiche Erfahrungen und hunderte von Modellen (z. B. Feldhoff & Co. in Barmen und Wülfrath). Gusseisenfenster finden auch für kirchliche Zwecke Verwendung, ohne der Würde des Gebäudes Eintrag zu thun.

Die Stolberger Zinkwaarenfabrik in Eschweiler fertigt Fensterrahmen aus verbleitem oder verzinktem Eisenblech, die äusserlich mit gusseisernen Rahmen grosse Aehnlichkeit haben, Fig. 1250 a—d, die aber hohl

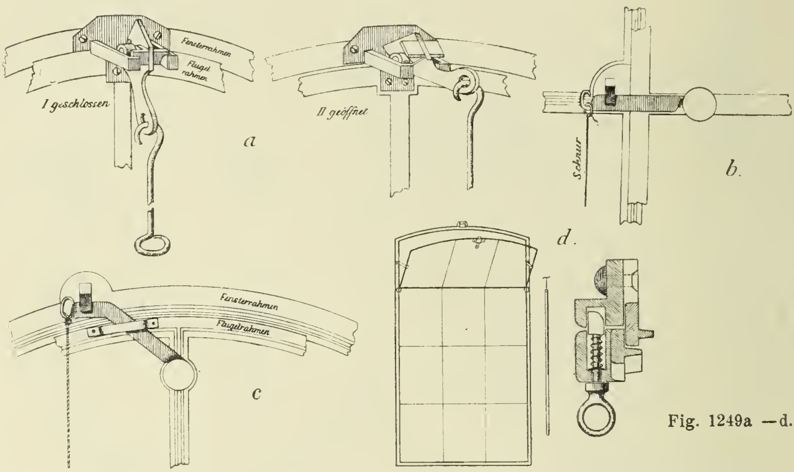
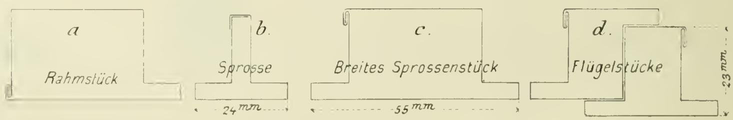


Fig. 1249a —d.

Fig. 1250 a—d.



und infolgedessen sehr leicht sind. Sie eignen sich deswegen besonders zu leichten Holz- oder Fachwerkbauten sowie für überseeische Ausführungen, zumal sie gegen Wärme- und Feuchtigkeitseinflüsse unempfindlich und durch den Bleiüberzug gegen Rost geschützt sind. Ausserdem erhalten sie schon in der Fabrik einen gefälligen Anstrich. Lüftungseinrichtungen der verschiedensten Art können wie bei anderen eisernen Fenstern angebracht werden, Grösse und Scheibeneintheilung ist beliebig und wird ohne besondere Modellkosten hergestellt. Einflügelige Fenster von 50 × 106 cm besitzen, auch ohne Sprossen, genügende Steifigkeit.

Messingsprossen, die bei der Kunstverglasung eine grosse Rolle spielen, werden den verbleiten Eisensprossen ähnlich: hohl, aus Messingblech gezogen, in verschiedenen Abmessungen hergestellt. Verkittung ist nur bei Rillenglas unentbehrlich. Wenn sie auch nicht als Rahmenwerk inbetracht kommen, verleihen sie doch z. B. bei 14 mm Breite und 18 mm Stärke Glasflächen bis zu 3 m Höhe ohne weitere Verstärkungen genügende Steifigkeit. Bei aufgehenden Flügeln wird manchmal in den äusseren Falz der umrahmenden Sprosse ein Flacheisen eingelegt, das dann den Anschlag bildet.

e. Gitterwerke:

Stabgitter (Eisenstakete) und Gitterthore mit und ohne Einsatz-Füllungen; Fensterfüllungen und Balkon-Gitter; Drahtgitter nebst den zugehörigen Pfostenbildungen.

Für alle Gitter, sobald sie grössere Abmessungen erhalten, gelten die einleitenden Bemerkungen bezüglich der Berücksichtigung der Temperaturschwankungen; es sind entweder in sich abgeschlossene Füllungen von nur mässiger Grösse herzustellen, oder es ist durch Biegsamkeit der Konstruktion dem gewaltsamen Zerspringen vorzubeugen (wie bei Fig. 1273, S. 536) oder es sind Ausgleicher (Ueberschieber) für derart verursachte Längenänderungen vorzusehen. Fig. 1251.

Die zweckmässigsten Ausgleicher beim Anschluss an Mauerwerk sind vorher eingemauerte, einfache Gasrohrstücke, Fig. 1252a, welche auszuschleifen sind und in die ein runder Dorn, Fig. 1252b und c (Verlängerung der Querschienen), eingepasst wird. Um das Einrosten zu vermeiden, werden die Dorne mit Wallrath

Fig. 1251.

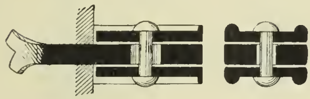
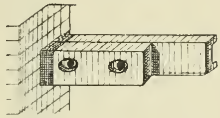


Fig. 1253.



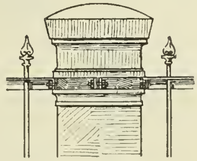


Fig. 1252.

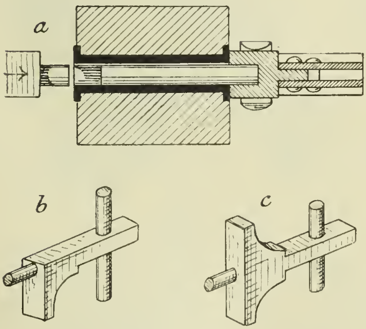
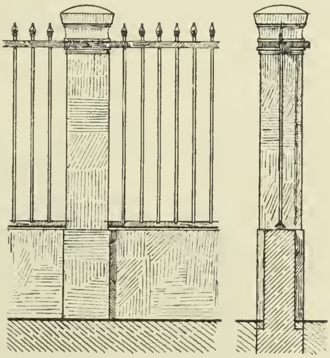


Fig. 1254 a—c.



bestrichen, oder mit glatten dünnen Papierstreifen umwickelt, welche mit Wallrath oder Paraffin getränkt sind. Auch Umwicklung mit feinen Seidenfäden, die mit Wallrath oder Paraffin schwer verwesbar gemacht, sind zu empfehlen, während die Umwicklung mit Zinn- oder Bleipapier sich nicht bewährt hat. Müssen die Ausgleicher später eingelassen werden, so erhalten sie einen Rand, welcher die Mörtelfuge deckt, oder auch eine Deckrosette. Mit Flacheisen werden Schiebetaschen nach Fig. 1253 hergestellt, wobei die Niet- bezw. Schraubenlöcher länglich gestaltet werden usw.

Besondere Ausgleichvorrichtungen sind entbehrlich, wenn von dem starren Verband zwischen Stein und Eisen abgesehen und der Gitterrahmen mittels einer Art Schelle oder Halsband am Steinpfosten befestigt wird; Fig. 1254. Die sonstigen damit verbundenen (auch tektonischen) Vortheile leuchten von selbst ein.

Die oben erwähnte Eintheilung in Füllungen wird bei grösserer Entfernung der gegebenen Festpunkte durch dazwischen gestellte Pfosten erreicht. Gusseiserne Pfosten können — vorbehaltlich aller architektonischen Ausgestaltung — nach den in Fig. 1255 u. 1256 dargestellten Skizzen bis zur Gründung herabreichend, oder auf das Sockelmauerwerk mittels angegossener Lappen aufgesetzt, gestaltet werden; schmiedeiserne Pfosten werden aus I, + oder T Eisen, manchmal auch aus I Eisen gebildet, Fig. 1257 u. 58, auch an die dazu bestimmten Ziereisen von Mannstaedt

ist zu erinnern. Die Verstrebung solcher Pfosten ist leider nicht immer zu vermeiden, macht aber nie einen befriedigenden Eindruck und ist häufig — wenn z. B. die Strebe unten abgebogen ist und auf den Sockel sich seitlich stützt — für die Standfestigkeit ziemlich werthlos.

Es ist möglich, durch gegen einander Neigen der Gitterstäbe, wie es in Fig. 1259 dargestellt ist, diesen in sich selbst die erforderliche Standfestigkeit zu verleihen.

Bei langen Balkongeländern, welche wegen architektonischer Rücksichten senkrechte Theilungen durch Pfosten nicht vertragen, werden die gewöhnlich

Fig. 1255.

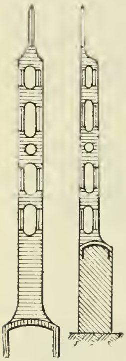


Fig. 1256.

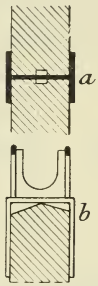


Fig. 1257.

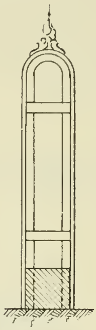


Fig. 1258.

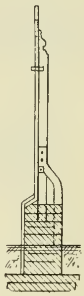


Fig. 1260.

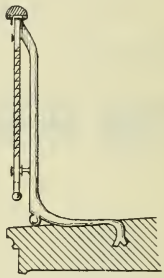


Fig. 1261.

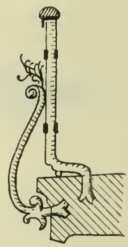


Fig. 1259.

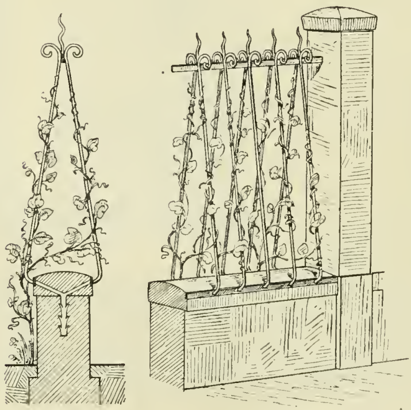
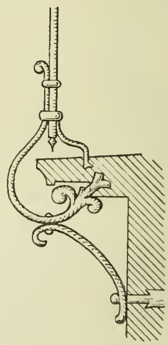


Fig. 1262.



sehr leichten, verstrebten Pfosten dahinter angeordnet; ebenso, wenn die Pfosten nicht auf der Kante der Platte befestigt werden können, Fig. 1260 u. 1261.

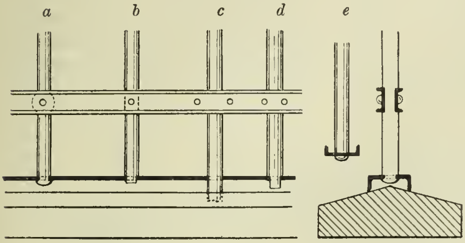
Bei Treppen oder auch Balkonen werden, um durch die Streben keine Verengerung hervor zu rufen, „Bug-Streben" nach Fig. 1261 u. 1262 angebracht.

Auf den nur einseitig eingemauerten Treppenstufen kommt manchmal auf dem freiliegenden Ende ein dem Treppenprofil entgegengesetzt ausgeschnittener Blechsockel dazu, der das seitliche Ablaufen des Scheuerwassers verhütet.

Um die Schäden zu vermeiden, welche beim Einsetzen senkrechter Theilungsstäbe in Abdeckungsplatten zu befürchten sind, werden Fussschienen gelegt, Fig. 1263. Vernietungen an denselben, wie sie Stab *a* zeigt, sind überflüssig. Einstemmen nach *c* ist schädlich. Die ⊔ Schiene wie in *e* dargestellt zu legen

ist ein technischer Fehler, die Kehle muss stets nach unten liegen: ⊓! Zu Fig. 1263 ist zu bemerken, dass die Stab- und Schienenverbindung *a* zwar gut, aber theuer, die nach *b* genügend ist, bei der nach *c* die Niete leicht abspringen, die beste diejenige nach *d* ist, bei der die Nieten leicht in den Stab eingeklinkt sind; eine leichte Einklinkung der Schienen in den Stab, wie in *f* dargestellt, ist stets zu empfehlen.

Fig. 1263.



Geeignete Verbindungen für Gitter sind sowohl aus Fig. 1177, S. 506, als aus den Fig. 1264 bis 1267 zu ersehen.

Wo mit Blei vergossen wird, soll die nachgestemmte Bleifuge

Fig. 1264 a u. b.

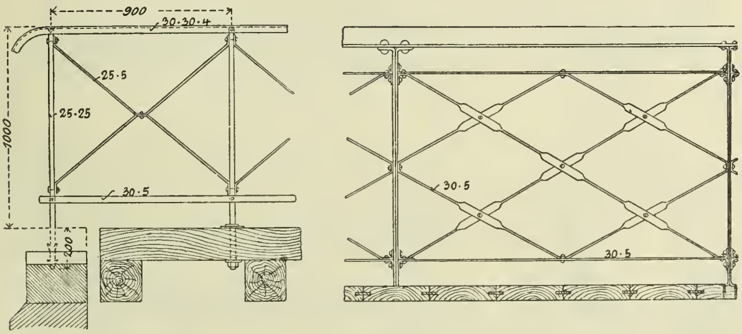
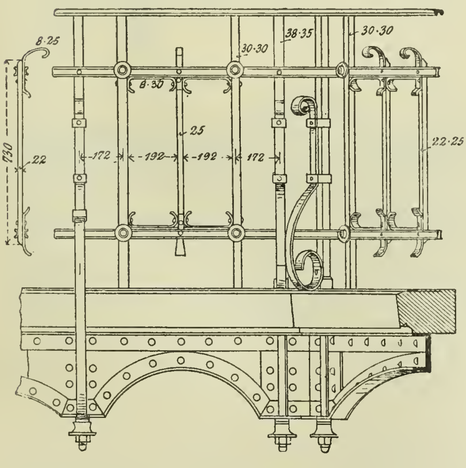


Fig. 1265.

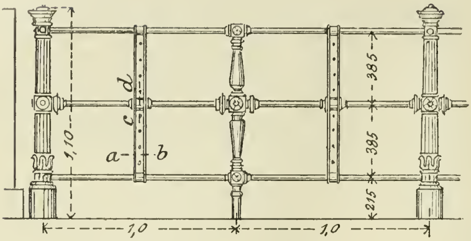


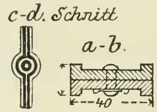
keine Vertiefung bilden, sondern sich mit leichter Abwässerung etwas aus dem Stein herausheben.

Die Verwendung von Schwefel zum Vergiessen wird jetzt allseitig als falsch anerkannt; auch der vor einigen Jahren sehr gerühmte „Patent-Metall-Zement", ein sehr inniges Gemisch von gepulvertem Sand und Schwefel, scheint sich nicht eingeführt zu haben. In Amerika wird rasch bindender Zement zum Vergiessen sehr empfohlen.

Die an sich angenehm wirkende Klarheit und Gesetzmässigkeit ermöglicht die Herstellung eines rein konstruktiv, ohne architektonischen Zierrath entworfenen Geländers in doch gefälliger Weise. So ist zu den in Fig. 1264 und 1266 dargestellten Beispielen nur schwaches Flach- und Quadrateisen und Gasrohr mit Haspeneisenbändern verwendet worden (bei Fig. 1266 gusseiserner Schaft). Fig. 1267 besteht ganz aus Gusseisen und wird von Pendelstützen mit der erforderlichen Beweglichkeit gehalten.

Fig. 1266.





Ein interessantes modernes Beispiel von einem Dresdener Neubau (von Architekt Otto Schmidt) zeigt Fig. 1268. Die zu den Friesen und Füllungen verwendeten 2 mm starken Eisenbleche sind gestanzt und getrieben und so genau in ausgesägte Nuthen der Eisenschienen eingesetzt, dass die Art der Zusammenfügung zuerst unerklärlich erscheint. Auch die mit Gitterwerk gefüllten Felder sind mit Eisenblechen hinterlegt. Die wellenförmigen Flacheisen sind an ihren Scheitelpunkten mit unsichtbaren (durch Punkte markirten) Eisendollen befestigt.

Fig. 1267.

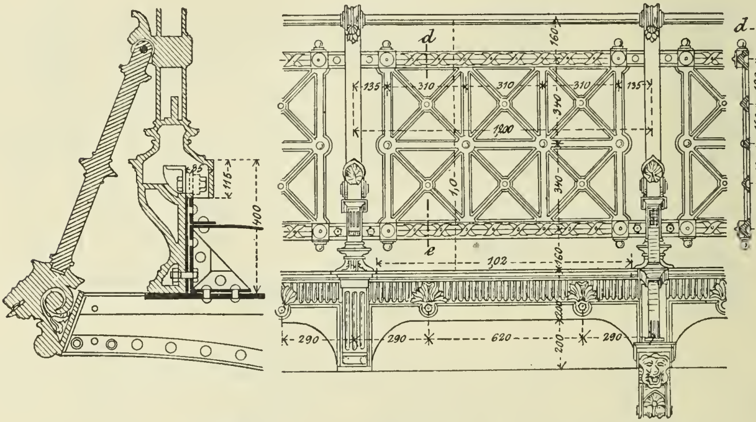
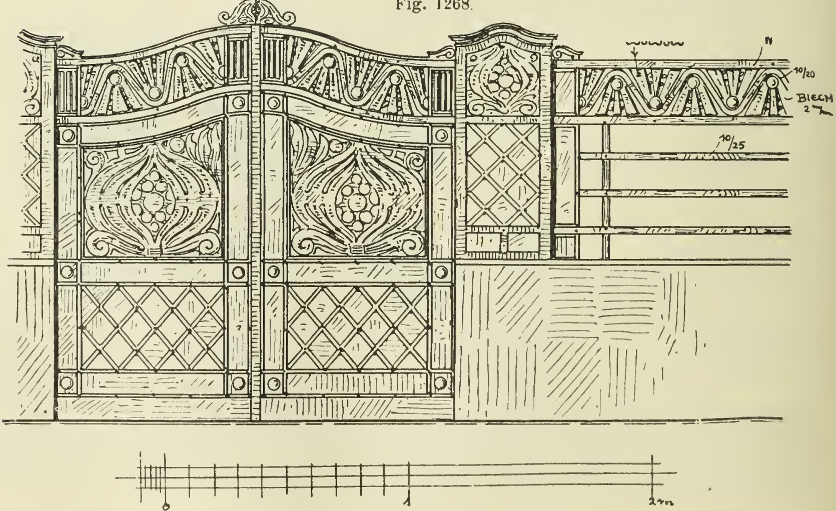


Fig. 1268.



Brüstungsgeländer sind mindestens 0,95 m hoch zu machen, Fig. 1269; bei Handgeleitstangen aus Holz wird die obere Eisenschiene in diese eingelassen. Die Handleisteneisen werden in drei verschiedenen Profilen dem Holz genau nachgebildet. Besteht die eigentliche Barrièrenstange aus Gasrohr, so kann sie, um das Turnen der Strassenjugend an ihr zu verwehren, nach einer flachen Schraubenlinie mit dreikantigem Eisen umwunden werden. Brüstungsgitter in herabreichenden Fensteröffnungen sind vom Fussboden gemessen mindestens 0,85 m hoch zu machen und beiderseits fest einzumauern. Balkongeländer können so entworfen werden, dass sie die Balkonplatte (als Hängewerk) tragen helfen

Fig. 1269.

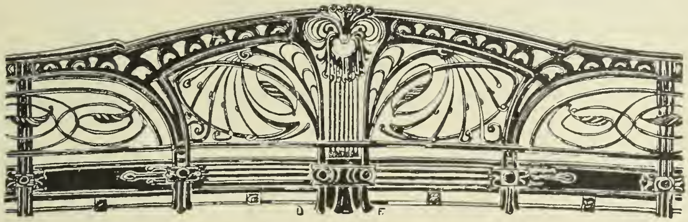


Fig. 1270.

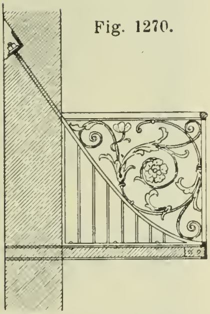


Fig. 1271.

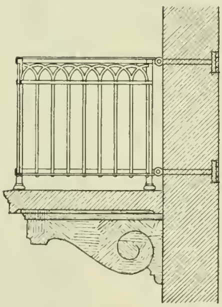


Fig. 1272 a, b, c.

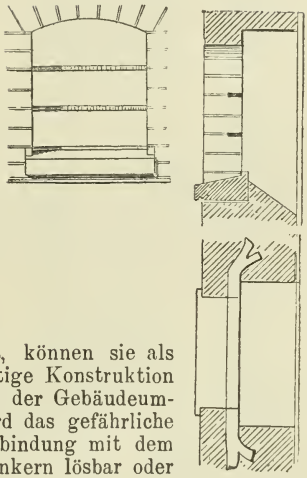


Fig. 1270; andererseits, wo dies nicht nöthig ist, können sie als zusammenhängende, in sich ausgesteifte, kastenartige Konstruktion stumpf auf die Balkonplatte gesetzt und nur an der Gebäudeumfassung befestigt werden, Fig. 1271. Dadurch wird das gefährliche Zerlöchern der Steinplatten vermieden. Die Verbindung mit dem Mauerwerke kann an vorher eingemauerten Eisenankern lösbar oder unveränderlich (durch Schraubenbolzen oder Niete) erfolgen. Die bisher üblichen Befestigungsmethoden sind in Fig. 1260—1262, S. 532, dargestellt.

Kniegitter sind mindestens 0,55 m hoch zu machen und dürfen als oberen Abschluss keinesfalls eine scharfkantige Schiene erhalten. Ihre Säulen, häufig mit Erdbock, werden fast immer aus Gusseisen hergestellt.

Bei Fenstervergitterungen hat das Einschlagen der Stäbe in die Sohlbank selbstverständlich zu unterbleiben; wo sie schon beim Rohbau angebracht werden können, empfiehlt sich die Anordnung nach Fig. 1272a—c; wo sie den Strassenverkehr nicht behindern, können sie korbförmig ausgebaucht und als wirksamer Fassadenschmuck gestaltet werden. In München erhalten die Kinderstubenfenster manchmal derartige Gitter, in welchen die Kinder sitzen und den Strassenverkehr beobachten können.

Als verschiebbare Gitter (nach dem Scheerenprinzip) sind die Bostwick- oder Scheeren-Gitter auch hier zu erwähnen, da sie neuerdings auch in grossem Umfang als Wandabschlüsse von Hausthürnischen oder von Korridorabtheilungen

Fig. 1273.

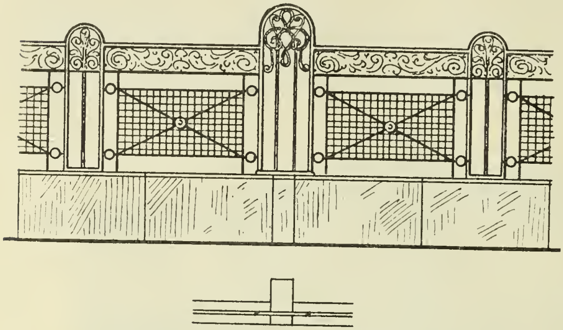


Fig. 1274c.

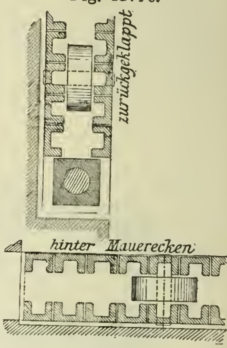


Fig. 1274a.

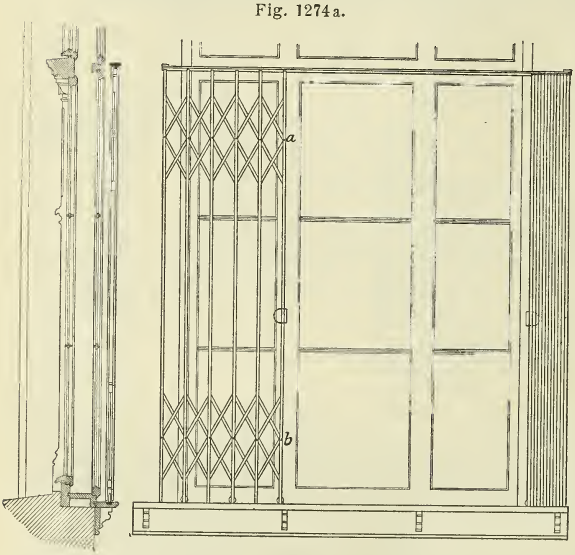
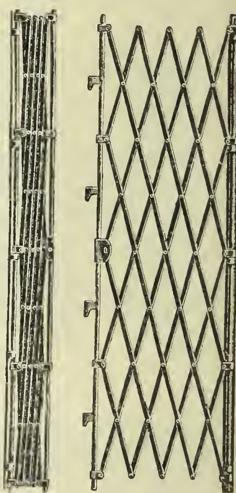
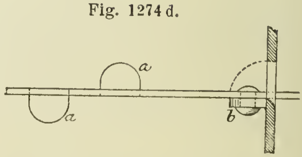


Fig. 1274b.



(z. B. vor Garderoben oder Waschräumen in Fabriken) zu dienen haben; Fig. 1274a—d. Sie nehmen, zusammen geschoben, nur ganz wenig Raum ein, Fig. 1274b, sind leicht zu bewegen, besonders wenn sie auf Rollen laufen, und können sehr elegant (z. B. vernickelt) hergestellt werden. Das zusammengeschobene Gitter legt sich hinter den Thüranschlag, oder in einen Mauerschlitz. Wo das nicht angängig, kann die Wandsäule auch drehbar eingerichtet werden, sodass ein Umklappen in die Fenster- oder Thürlaibung möglich wird.

Fig. 1274d.



Eine besondere Art von Gitterwerk bilden die Firstgitter oder Firstkämme, die aus geschmiedetem und gestanztem Eisen, Fig. 1275 oder, der grösseren Leichtigkeit wegen, auch aus Zinkblech über Eisenstützen, hergestellt werden, Fig. 1276. In beiden Fällen ist die Zahl der Stützpunkte (wegen der

Dachdurchlöcherung) möglichst einzuschränken, auch sind die Befestigungspunkte besonders sorgfältig zu dichten; Anschluss an die Blitzableitung ist nur zu entbehren, wenn nahe Gebäudetheile (Thürme oder dergl.) das Dach wesentlich überragen.

Vergitterungen ausgeschnittener (etwa verglaster) Füllungen in Thüren werden, wenn sie aus Flacheisen als Schnörkel- und Rankenwerk angefertigt werden, in einem eisernen Rahmen aus Flach- oder Winkeleisen befestigt und dieser Rahmen wird dann am Holzwerk so angebracht, dass er von aussen nicht entfernt werden kann. Weniger gebräuchlich zu dem Zweck sind verzinnte Drahtmaschengitter, die meist über schwache Rundeiseurahmen gespannt werden;

Fig. 1275a u. b.

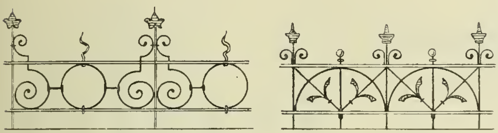


Fig. 1277.

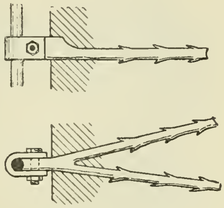


Fig. 1276.

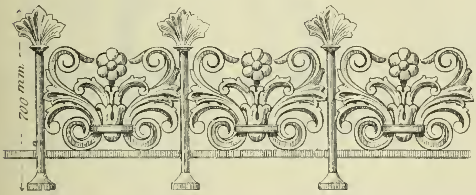


Fig. 1281.

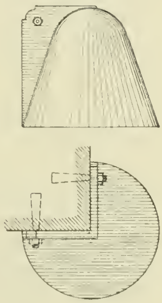


Fig. 1278a—c.

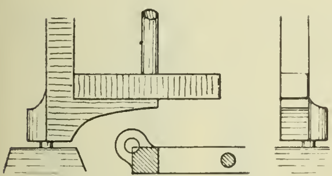


Fig. 1279.

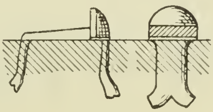


Fig. 1280.

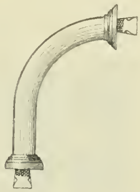
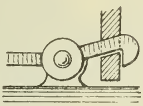


Fig. 1282.



perforirte Bleche (vergl. Fig. 1173, S. 502) aus Messing oder Bronze sind zu derartigen leichteren Sicherungsmaassregeln sehr geeignet.

Für Gitterthüren und Thore sind alle die Rücksichten auf Wetter, Temperaturschwankungen, Erschütterungen usw. in erhöhtem Maasse zu beachten. Schräg über den Thorflügel verlaufende Hängebänder können einseitig oder beiderseitig aufgelegt werden; das Durchstecken der Staketstäbe erfolgt nur selten. Das Anhängen an einen oberen Drehpunkt empfiehlt sich nur, wo dieser in seiner Lage durchaus unverschieblich erscheint. Die gewöhnliche Befestigung ist die mittels Halsband, Fig. 1277; unten dreht sich der Pfosten auf einem aus der Schwelle aufragenden Dorn. Die Bewegung in einer unteren Pfanne, Fig. 1278a—c, wird leicht durch Rost oder Schmutz beeinträchtigt. Das untere Ende des aufgehenden Pfostens kann eine kleine Gleitrolle erhalten, die vor dem Anschlag einen Auflauf, Fig. 1279, zu ersteigen hat, wodurch der heftige Anschlag gemildert wird. Aber auch dann sind die Schlagleisten sehr stark zu machen, namentlich wenn das Gitterthor keinen oberen Anschlag erhält. Thore, durch welche gefahren wird, sind auch mit Radabweisern (Prellkegeln), Fig. 1280

u. 1281, auszurüsten. Um die Thorflügel in geöffnetem Zustande festzuhalten, werden selbstthätige Schnepperhaken (Aufstellfallen) mit Gegengewicht so angebracht, dass sie von selbst in ein Rahmeisen des Thores einhaken, Fig. 1282.

Die moderne Architektur trägt kein Bedenken, Thorflügel ungleich breit zu machen, so dass der breitere, in der Regel fest geriegelt und verspreizt, dem schmaleren, die Pforte bildenden, als Anschlag dient. Vom Standpunkt der Konstruktion ist das, wie überhaupt die Rückkehr zu dem Naturgemässen, nur gut zu heissen.

Einfriedigungsgitter auf Steinsockel um Höfe, Gärten usw., die aus

Fig. 1283.

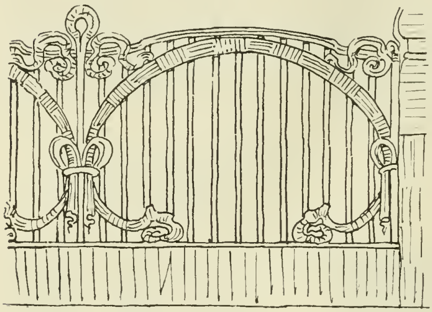


Fig. 1285 a.

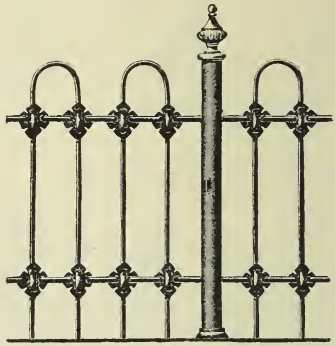


Fig. 1284.

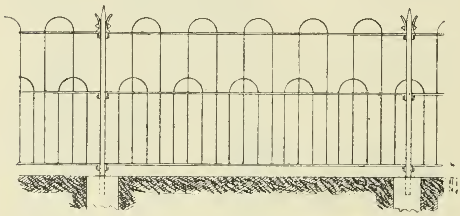


Fig. 1285 b.

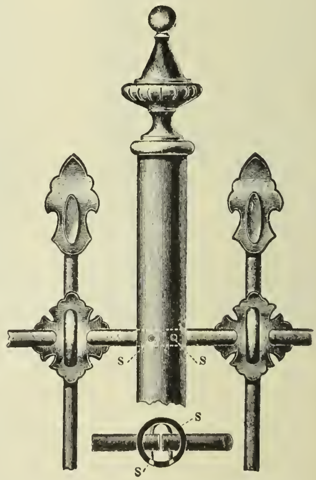
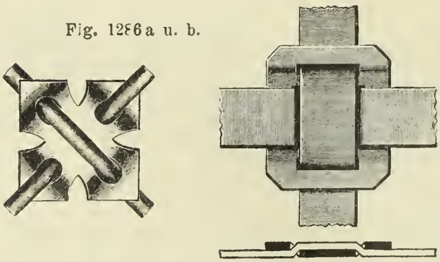


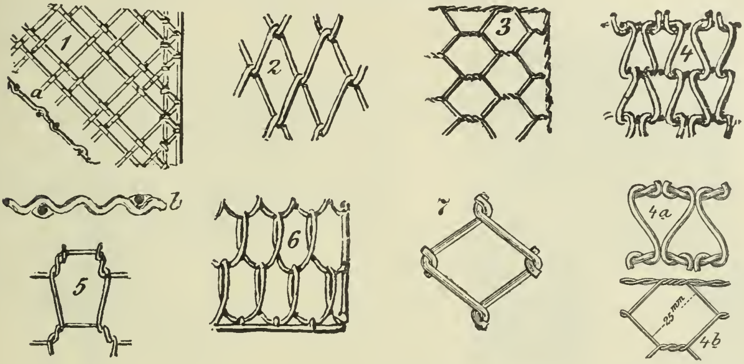
Fig. 1286 a u. b.



Quadrat- oder Rundeisenstäben, zwischen Haspeneisen, oder durch Flacheisenschienen durchgesteckt, bestehen, wurden bereits besprochen. In der modernen Architektur lässt man die oberen Stabenden meist nicht einzeln aufragen, sondern nietet sie an Flacheisenschienen, etwa 12 × 30 mm stark, die eine geschwungene Linie bilden, ohne Ueberstand fest. Bei reicheren Ausführungen werden auch quer über die Staketstäbe bandartig geschweifte Flacheisen genietet, Fig. 1283. In Anlagen und in Parks werden halbhohe (0,80—1,10 m hohe) schmiedeiserne Einfriedigungen aus 9 mm starkem Rundeisen, in Verbindung mit Langschienen von 10 × 26 mm häufig angewandt, Fig. 1284. Die zugehörigen Pforten werden

mitunter excentrisch angehängt, so dass sie durch ein Gabelband an der unteren Ecke beim Oeffnen aus der Schwerpunktslage gedrängt werden und beim Loslassen durch ihr eigenes Gewicht wieder zufallen. Als leichte Promenadengitter dienen auch die schmiedeisernen Rosettengitter (Lempertz in Köln-Braunsfeld), deren Pfosten aus Schmiedeisenrohren mit Knauf und Sockelring aus schmiedbarem Guss bestehen und in Abständen von etwa 2^{m} angeordnet werden. Fig. 1285 a u. b zeigt sowohl die Verbindung der senkrechten und Querstäbe, als auch (im Grundriss) der Querstäbe in den Pfosten. S bezeichnet Stifte, die in vorgebohrte Löcher

Fig. 1287. Drahtmaschengewebe.

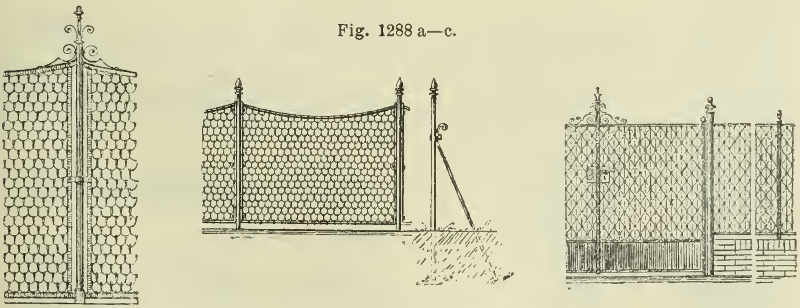


1 Kreuz-, 2 Rauten-, 3 u. 4b Sechseck-, 4 u. 4a Dreieck-. 5 Trapez-, 6 Schuppenmaschen, 7 Quadratmasche.

eingeschlagen werden, sich dabei krümmen und dadurch festhalten. Die Fig. 1286 a u. b zeigen Rosettengitter-Knotenpunkte bei schräg liegenden Stäben, bezw. bei Anwendung von Flacheisen statt der Rundstäbe.

Eine ausserordentliche Mannichfaltigkeit bietet sich heute in Drahtmaschengittern für die verschiedensten Zwecke. Werden dieselben erst nach

Fig. 1288 a—c.



dem Flechten verzinkt, so bildet die Verzinkung ausser dem Rostschutz eine gute Verlöthung der Knotenpunkte. Die üblichsten Muster sind in Fig. 1287 dargestellt. Bei einfachen Umhegungen werden die Gewebebreiten ohne weiteres an den Ständern aus Holz, Eisenrohr oder Schienen durchgehend befestigt, bei besseren Einfriedigungen felderweise in Eisenrahmen eingespannt. Als obere Deckschiene wird dann häufig ein ⋀ Eisen dachartig darüber angebracht, Fig. 1288 a—c. Das Eingraben der Zaunpfosten erfolgt am besten mittels Erdbohrer; bei weichem Boden wird der Pfosten auf eine eiserne die Sohle des Bohrlochs bildende Fussplatte gestellt, Fig. 1289 b. Bei noch sorgfältigerer Ausführung erhält

er (nach Holzinger in St. Avold) eine eiserne Druckscheibe, deren Durchmesser dem gebohrten Erdloche entspricht, Fig. 1289c. Eck- und Endpfosten können auch noch mit Erdanker gegen Zug bezw. Druck gesichert werden. Es wird dann eine den Fussplatten ähnliche Ankerplatte (von 100—300 mm Durchm.) eingegraben und der Pfosten mittels Drahtseil bezw. Gasrohrstrebe dagegen versteift, Fig. 1289a. Das felderweise Aussteifen der Pfosten unter sich kann durch dazwischen gespreizte Querrohre (Patent Schiffers & Co. in Düsseldorf) erfolgen, Fig. 1290. Bei noch primitiveren Vermachungen, z. B. in den überseeischen Kolonien, wird in Verbindung mit Drahtgeflecht, Drahtseilen, oder ausschliesslich verzinkter Stacheldraht verwendet, der in verschiedenen, zumtheil recht gefährlichen, in Fig. 1291 zusammengestellten Arten als 1. zweispitzig, 2. vierspitzig, 3. mit eingeflochtenen Stahlblechdornen, 4. als gewundenes Stachelstahlband, 5. ungezahnt, 6. gezahnt und 7. mit Einzelzähnen bewehrt, angefertigt wird. Derartige Drähte können auch zum Verhindern des Uebersteigens, wo sonst mit Stacheln bewehrte Flacheisenschienen angebracht wurden, z. B. auf Mauerdeckplatten, verwendet werden. An öffentlichen Wegen ist die Verwendung von Stacheldraht vielfach polizeilich verboten; es können dann Bügel mit Schutzdrähten davor angebracht werden, Fig. 1292. Beim Anspannen der Drähte dienen entweder Spannschlösser (mit Zahnrad und Sperrkegel) oder Hebel mit besonderer Greifvorrichtung. Das Befestigen am Holz erfolgt durch Häkchen

Fig. 1289 a—c.

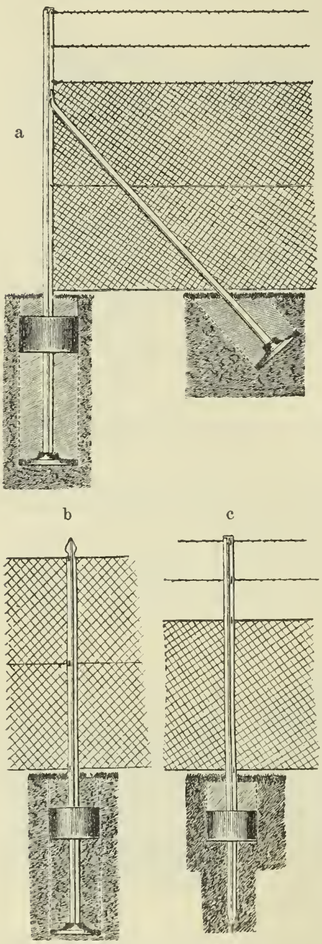


Fig. 1290.

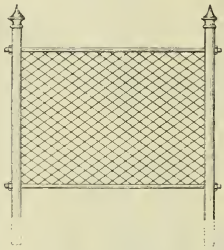
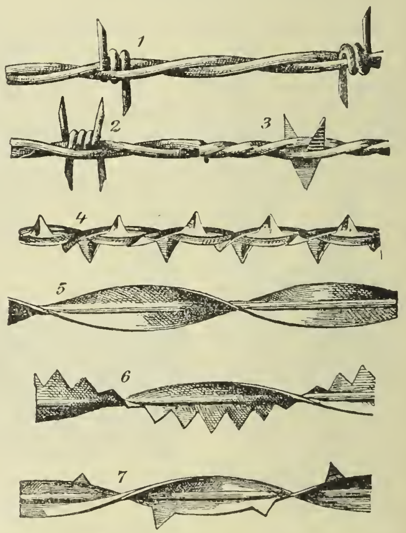


Fig. 1291.



oder Krammen, an Stein oder Mauerwerk durch Knopfspitzen, Spitz- und Eingipsösen, Kloben und Haken; am Eisen durch Umflechten oder Binden mit Draht, sonst durch Schrauben oder Niete, vergl. Fig. 1293a und b. Es mögen hier auch gleich die den gezahnten Stachelstahlbändern verwandten Stachelpfahl-Umzäunungen (aus starkem Wellblech) erwähnt werden.

Der Vollständigkeit wegen sei hier auch der Absperrketten gedacht, die namentlich bei Grabstätten Verwendung finden. Ihre Glieder — meist mit einzelnen Stachelkugeln dazwischen — bestehen aus Gusseisen und wurden bisher gewöhnlich aus zwei Theilen zusammengenietet. Neuerdings werden die Ketten aber auch (z. B. von Barnewitz in Dresden) ohne Naht zusammenhängend ge-

Fig. 1292.

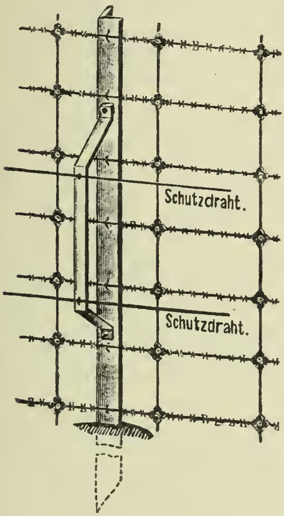
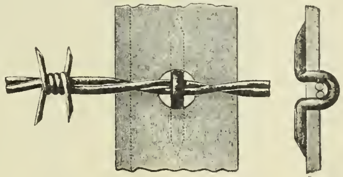


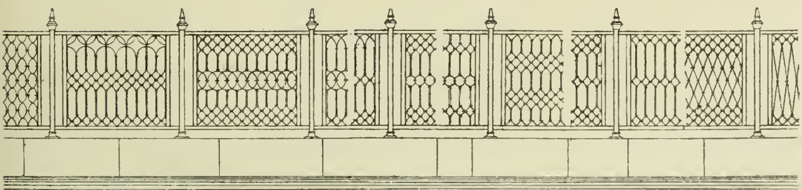
Fig. 1293 a u. b.



gossen. Bei niedrigen Promenadengittern wird das Ueberspringen der Hunde erfolgreich durch flach gespannte Ketten verhindert.

Bessere Einfriedigungen aus Drahtvergitterungen werden felderweise abgepasst, wovon die Fig. 1294 mehrere Beispiele (von L. Herrmann in Dresden) gibt; in Verbindung mit Schmiedeisen-Arbeit sind sehr elegante Anordnungen möglich, Fig. 1273, S. 536. Auch für sonstige Zwecke, als niedrige Einfassungen, Bekrönungen, Füllungen in Thüren, über Thorwegen, vor Kellerfenstern, als Kellerabtheilungen usw. ist der Draht in seinen verschiedenen

Fig. 1294.



Stärken und Metallüberzügen ein gestaltungsfähiges, dankbares Material von unerschöpflicher Formgebung.

Zur Vermachung bei Personenaufzügen werden sehr häufig Drahtgeflechte angebracht. Als Rahmenwerk dienen dann gewöhnlich Winkeleisen an den Ecken und T Eisen als Zwischenstützen, beide etwa 40^{mm} breit, als unterer Abschluss (wenn sie sich auf Treppenstufen aufsetzt) Flacheisen, die nach dem Stufen-Profil ausgehauen werden. Dazwischen wird ein engmaschiges (rd. 12×14^{mm}) Drahtgewebe ausgespannt und zum Schutz gegen dessen Einsacken äusserlich mit etwa 20^{mm} breiten Flacheisenschienen, in Geschosshöhe je zwei über einander, umgürtet, wobei dekorative Gestaltung möglich ist.

Endlich ist hier des Streckmetalls, vergl. S. 433, zu gedenken, dessen Geflecht nicht blos als tragender Körper in Verbindung mit Stampfbeton (bei Wand- und Decken-Konstruktionen), sondern auch für sich als Einhegung Ver-

wendung findet. Es wird an Flacheisenschienen befestigt; die Maschen von 20, 40, 75 oder 150 mm Weite können sowohl wagrecht als senkrecht gerichtet sein.

Schneefanggitter werden meist bei Dachflächen mit zwischen 20 und 65° Neigung für erforderlich erachtet. Das Material ist verzinktes Eisen; die in Abständen von 1—1,5 m sich wiederholenden Stützen sind im Winkel gebogen

Fig. 1295 a und b.

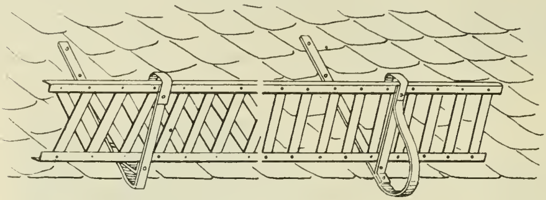


Fig. 1297.

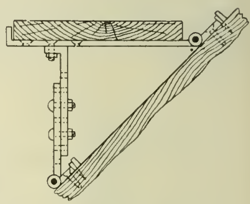
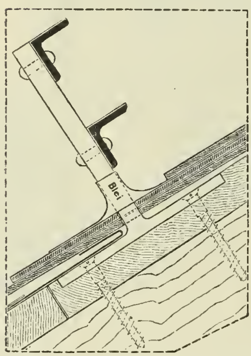


Fig. 1296.



oder nach aussen geschweift und nehmen die aus Winkel- oder T Eisen bestehenden Gitterrahmen mittels untergelegter bezw. darüber gebogener, angenieteter Haften auf, vergl. Fig. 1295 a u. b. Den Zwischenraum der Rahmen füllt ein starkes Drahtnetz, Streckmetall oder Flacheisengitterwerk. Die Stützen können durch einen wagrechten Dreieckschenkel auch darauf eingerichtet werden, bei Dachreparaturen eine Laufbohle in sicherer Weise zu tragen. Einen Schneefang ohne Füllung zwischen den wagrechten Stäben zeigt Fig. 1296, die den preussischen Normalkonstruktionen für Dächer entlehnt ist.

Nebeling & Co. in Remscheid bildet die Schneefang- und Schutzgitter so aus, dass sie zugleich einer (nach Bedarf anzubringenden) Laufbohle sicheres Auflager geben. Aehnliche Anordnungen zeigen die nur als Laufbrettstützen dienenden Dreiecke, die z. B. Wernicke, Berlin, für verschiedene Dachneigungen verstellbar so anfertigt, wie aus Fig. 1297 zu erkennen ist.

VIII. Stützen.

a. Allgemeines, Belastungsverhältnisse, Material.

Stützen sind vorwiegend zur Aufnahme lothrechter Belastungen durch Decken und Wände bestimmt. Ist diese Belastung zentrisch (d. h. in der Schwerpunktsaxe der Stütze wirkend), so werden sie nur auf Druck bezw. Zerknicken beansprucht und zwar kommen im Hochbau hauptsächlich die beiden Belastungsfälle vor, dass beide Enden gelenkig, oder in der Axe geführt sind, bezw. dass dies nur von dem oberen gilt, während das untere Ende als eingespannt zu betrachten ist.*) Die Belastung ist aber häufig exzentrisch (z. B. bei der beiderseitigen Auflagerung von Unterzügen verschiedener oder ungleich belasteter Deckenfelder); dann tritt zu der Beanspruchung auf Zerknicken noch eine solche auf Biegung hinzu. Diese ungünstige Beanspruchung nach Möglichkeit durch eine geschickte Ausbildung der Konstruktion zu verringern, d. h. also stets eine möglichst zentrale Belastung zu erreichen, ist die besondere Aufgabe des Konstrukteurs. Es gilt dies namentlich bei Gusseisen-Stützen, da dieses Material sich zur Aufnahme von Biegungsspannungen weniger eignet. Wichtig ist im übrigen eine möglichst zentrale Belastung der Stützen auch mit Rücksicht auf Erhaltung grösstmöglicher Widerstandsfähigkeit bei einer Feuersbrunst. Ein dritter Belastungsfall kommt

*) Vergl. Deutscher Baukalender, Theil II, S. 112 (Jahrg. 1902).

dann bei der unmittelbaren Auflagerung von Dächern (insbesondere bei offenen Bahnsteighallen) auf Stützen hinzu, in welchem Falle auf die oberen ganz frei beweglichen Enden derselben die wagrechten Windkräfte übertragen werden, während die Füsse natürlich eingespannt sein müssen. Hier tritt also eine besonders starke Beanspruchung auf Biegung auf. Im übrigen ist zu beachten, dass die den theoretischen Knickformeln zugrunde gelegten Belastungsfälle nicht immer klar zutreffen, sodass jeder Einzelfall genau zu prüfen ist. Als am Fusse eingespannt werden gewöhnlich schon Säulen betrachtet, wenn sie mit breiter Fussplatte aufstehen. Bei Freistützen von unsymmetrischem Querschnitt ist stets das kleinste Trägheitsmoment in die Rechnung einzuführen, bei solchen, die durch Mauerwerk oder sonstige Versteifungen gegen seitliches Ausweichen nach einer Richtung gesichert sind, dasjenige nach der freien Querschnittsaxe.

Eisenstützen haben gegenüber gemauerten Pfeilern den Vorzug der Raumersparniss, gegenüber den Holzstützen den der grösseren Tragfähigkeit. Ungeschützte Eisenstützen haben sich jedoch im Feuer, namentlich bei Speicherbränden, mehrfach als so wenig widerstandsfähig erwiesen, dass man stellenweise wieder zu Holzstützen aus starkem Eichenholz zurückgekehrt war. Durch zweckentsprechende Querschnittsausbildung und gluthsichere Ummantelung der Eisenstützen wird diesem Uebelstande in neuerer Zeit jedoch wirksam begegnet, sodass die Eisenstütze wegen ihrer sonstigen Vorzüge sich ein immer weiteres Feld erobert.*)

Als Material kommt Gusseisen und Walzeisen inbetracht. Bezüglich des relativen Werthes der beiden Materialien im Feuer vergl. wieder die Ausführungen auf S. 441. Beide finden bei zweckentsprechender Ausbildung der Form ihr Anwendungsgebiet und es kann keinem grundsätzlich der Vorzug vor dem anderen gegeben werden. Walzeisen (Schweisseisen, Flusseisen) bietet dem Gusseisen gegenüber allerdings den Vortheil der grösseren Zuverlässigkeit des Materials, der leichteren Kontrollirbarkeit seiner Beschaffenheit. Es bietet ferner die Möglichkeit, dass die Stützen durch mehrere Stockwerke als ein Ganzes hindurch geführt werden können und dass namentlich seitliche Anschlüsse einfacher herzustellen sind. Bei Stützen mit starker Biegungsbeanspruchung sind sie den Gusseisenstützen vorzuziehen. Letztere sind dagegen überall da im Vorzug, wo es sich um freistehende, insbesondere architektonisch ausgebildete Stützen handelt, wegen der Leichtigkeit, ihnen jede beliebige Form zu geben. Ausserdem ist die Bequemlichkeit, mit welcher Gusseisenstützen der verschiedensten Art nach den Musterbüchern der grossen Giessereien bezogen werden können, wohl vielfach der Anlass zu ihrer Verwendung.

Die Benutzung hohler Säulen zur Durchführung von Regen-(Abfall-)Rohren, die häufiger vorkommt, ist im allgemeinen nicht zu empfehlen. Undichtigkeiten der Rohre, die, wenn überhaupt, nur schwer zugänglich sind, können leicht zu starken Rostbildungen im Inneren der Säulen führen. Unter Umständen kann auch durch Frost eine Gefahr eintreten, falls die Säulen durch Räume, die starker Abkühlung zugänglich sind, geführt werden. Die Säulen als Lüftungsschlote zu benutzen, ist mit Rücksicht auf die Kopf- und Fussausbildung schwierig, für den wohl damit verbundenen Zweck, durch die Luftzirkulation Feuerschutz zu erzielen, ohne Werth, hier ist nur eine Ummantelung wirksam. Umgekehrt wäre es falsch, die Hohlräume der Säulen etwa mit Beton auszufüllen. Eine Ummantelung der Säulen kann schliesslich erwünscht sein, um in Räumen mit stärkerem Temperaturabfall ein „Schwitzen“ der Säulen zu verhüten.

b. Stützen in Gusseisen.

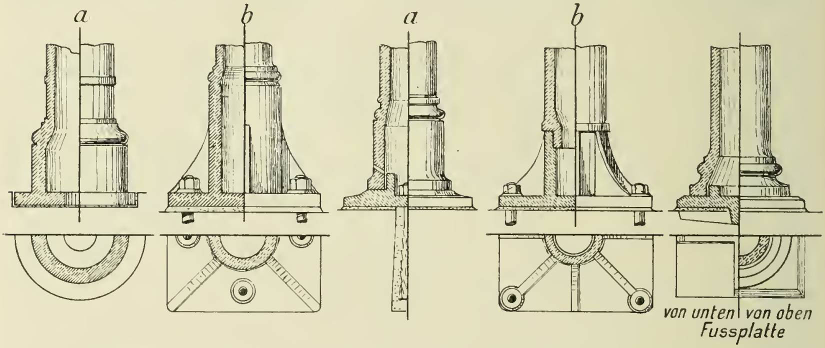
Bei Gusseisenstützen ist auf dichten, gleichmässigen Guss, Einhaltung der nothwendigen Wandstärken und Vermeidung aller schädlichen Spannungen, die aus ungleichmässiger Erkaltung des Gusses entstehen, zu achten. Den beiden ersteren Forderungen kann man bei stehendem Guss leichter gerecht werden, während die Einhaltung gleicher Wandstärken bei liegendem Guss wegen der

*) Vergl. übrigens S. 441 u. ff. die Ausführungen über die Feuersicherheit der verschiedenen Stützen.

Durchbiegung des langen Kerns schwierig ist. (Vergl. übrigens die Bemerkungen S. 505). Bezüglich der Schäfte von Säulen ist daher der stehende Guss jedenfalls vorzuziehen. (Grosse Giessereien können Stützen bis 8 m Höhe giessen.) Die Wandstärken werden durch mehrfaches Anbohren und Messen mit einem durch das Loch eingeführten Drahthäkchen festgestellt. Wandstärken unter 10 mm sollten keinesfalls angewendet werden. Spannungen infolge ungleichen Erkaltens lassen sich nur bei einer möglichst gleichen Dicke aller Theile vermeiden; da aber aus Gründen der Tragfähigkeit die Köpfe und Füsse meist grössere Stärken erhalten müssen, ist es vortheilhaft, eine Gusseisensäule aus den drei getrennt zu giessenden Theilen Fuss, Schaft und Kopf zusammen zu setzen. Ebenso werden vorspringende Verzierungen besonders gegossen und nachträglich angesetzt, wenn man nicht überhaupt vorzieht, die Stützen lediglich konstruktiv auszubilden und nachträglich mit anderen Materialien zu umkleiden.

Schwierigkeit macht die Prüfung der Güte von Gusseisenstützen. Bei Säulen wird vielfach die Prüfung (am besten mittels Druckwasserpressen) mit dem fünffachen der zukünftigen Belastung vorgeschrieben, was von anderer Seite als eine schädliche Ueberlastung bekämpft wird. Eine Prüfung mit dem 2—2½ fachen dürfte im allgemeinen ausreichen.

Fig. 1298. Fig. 1299. Fig. 1300.



Die Querschnittsformen der gusseisernen Stützen sind: der Kreisring ○, das Quadrat □ oder Rechteck ▭, ferner +, I, ⊏ Form und schliesslich zusammengesetzte Formen z. B. □—┤; bei den drei letzteren Querschnittsformen sind die breiteren Stege meist durchbrochen (vergl. auch später Fig. 1306 u. 1307); sie dienen hauptsächlich als Wandpfeiler, in der letzteren Ausbildung namentlich als Stützen in Schaufenstern.

Die Stützen mit kreisförmigem bezw. quadratischem und rechteckigem Querschnitt werden als Säulen bezeichnet. Erstere werden im Hochbau in Abmessungen von nicht unter 80 mm Durchmesser u. Umst. bis 500 mm verwendet und in Wandstärken von 10—60 mm. Die gewöhnlichen Stärken liegen jedoch zwischen 10—30 mm.*)

Kopf und Fuss der Säule muss in geeigneter Form und Grösse ausgebildet sein, um den Druck aus der Auflast aufnehmen, bezw. auf die Fundamente übertragen zu können.

Der Säulenfuss wird zu dem Zwecke mit einer Platte versehen, die meist von quadratischem oder vielseitigem, seltener von rundem Grundriss ist. Nur bei kleinen Säulen werden aus den oben angeführten Gründen die Fussplatten unmittelbar angegossen, wobei sie bei grösserer Ausbreitung, um ein Abbrechen durch den Druck zu verhüten, durch dreieckige Rippen gegen den Schaftfuss ausgesteift werden, Fig. 1298a u. b. Bei grösseren und schwer belasteten Säulen wird die Fussplatte für sich gegossen, Fig. 1299a u. b. Diese Fussplatten werden,

*) Ausführliche Tabellen und Abmessungen über Gewichte und Tragfähigkeit gusseiserner Säulen versch. Querschnittsform enthält das Musterbuch f. Eisenkonstr. von Scharowsky.

wenn im wesentlichen nur lothrechte Kräfte aufzunehmen sind, höchstens mit Steinschrauben in den Fundamenten befestigt, falls die Säulen grössere Biegungsspannungen aufzunehmen haben, jedoch fest mit denselben durch Ankerschrauben und unten eingemauerter Ankerplatte verbunden. Um eine gleichmässige Druckübertragung zu erzielen, wird die Fussplatte mit Zementmörtel vergossen (1—1,5 cm starke Fuge, die durch Aufstellung der Säulen auf Keilen hergestellt wird), oder mit Hartblei vergossen, oder schliesslich auf eine dünne Bleiplatte aufgesetzt. Statt die Säulen mit Steinschrauben auf dem Fundament zu befestigen, ist es besser die Unverschieblichkeit durch nach unten gerichtete, in den Auflagerstein eingelassene Kreuzrippen zu sichern (in diesem Falle ist natürlich nur ein Vergiessen möglich), vergl. Fig. 1300.

Die Säulenköpfe müssen zur Auflagerung der Träger abgehobelte Flächen besitzen, oder es sind auch hier Blei- bezw. Kupferplatten einzulegen. Oft werden besondere Auflagerstücke aufgesetzt, welche auch eine seitliche Führung der unterstützten Träger bilden (vergl. später Fig. 1312, S. 548). Um eine vollständig zentrische Belastung zu erreichen, wird die Kopffläche der Säule auch wohl abgerundet, wie Fig. 1301 zeigt. Gefährlich sind Verbindungen der Säulenköpfe mit weit ausladenden Konsolen, da bei Durchbiegung der Träger diese die äusseren Enden der letzteren belasten, also eine stark exzentrische

Fig. 1301.

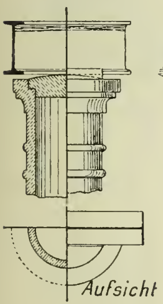


Fig. 1302.

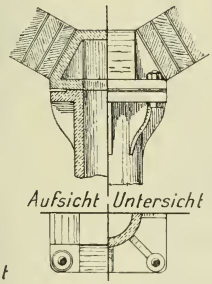


Fig. 1303.

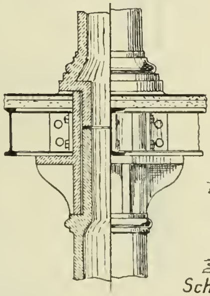
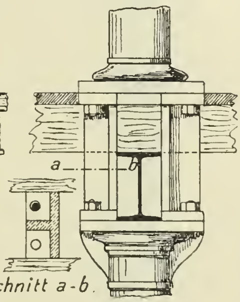


Fig. 1304.



Kraft auf die Säule ausüben. Solche Konsolen sollten daher so konstruirt sein, dass sie mindestens auf den Kanten keinen Druck erhalten können. Wo sie aus Gründen der Architektur gewünscht werden, ist es daher besser, sie nachträglich an den Kopf anzusetzen (vergl. auch Fig. 1305, S. 546). Auch die unmittelbare Verbindung von schrägen Auflagerflächen für anschliessende Gurtbögen an Säulenköpfe ist nicht empfehlenswerth. Es wird hier besser ein besonderes Stück eingesetzt, Fig. 1302.

Gehen Säulen durch mehrere Stockwerke durch, so ist es besser, dieselben unmittelbar aufeinander zu setzen, als die Deckenträger dazwischen zu legen (vergl. hierzu Fig. 1310, S. 547). Die Unterzüge liegen im ersteren Falle auf den seitlichen Ausladungen des Kopfes die mit Innenrippen ausgesteift werden (vergl. später Fig. 1309), bei grösserer Ausladung aber, um den unmittelbaren Einfluss der exzentrischen Belastung auf den Säulenkopf aufzuheben, nicht an diesem, sondern an einem lose übergeschobenen Ring angegossen sind, Fig. 1303 (auch Fig. 1311, S. 548). Unter Umständen lässt sich auch die Konstruktion derartig ausbilden, dass die Unterzüge durch ein gusseisernes, geschlitztes Zwischenstück, das zwischen Kopf bezw. Fuss der aufeinander stehenden Säulen eingelegt ist, hindurch geschoben wird, Fig. 1304. In diesem Falle ist eine völlig zentrische Belastung erreicht.

Alle unmittelbaren Berührungsflächen aufeinander gestellter Säulen sind abzuhobeln bezw. abzudrehen. Will man diese sorgfältige Bearbeitung ersparen, so bieten auch hier eingelegte Blei- bezw. Kupferringe entsprechenden Ersatz.

Um den Einfluss exzentrischer Lasten von den Säulenschäften völlig abzuhalten und um ausserdem eine Beweglichkeit unter dem Einflusse von Temperatur-

Ausdehnungen der gestützten Konstruktionen ohne Schaden für die Säulen zu ermöglichen, werden diese, falls aus Rücksichten der Standfestigkeit nicht eine Einspannung des Säulenfusses erforderlich ist, gelenkig ausgebildet. Es entstehen so die Pendelstützen, die entweder nur nach einer Richtung beweglich zu sein brauchen, dann genügt die Einschaltung einer zylindrischen Fläche, oder nach allen Richtungen, dann stützt sich der Schaft beiderseits auf Kugelflächen. Derartige Ausbildungen sind zuerst im Brückenbau vorgenommen worden, sind aber auch im Hochbau oft mit Vortheil anzuwenden. Fig. 1305a—f zeigt ein

Fig. 1305 a—f.

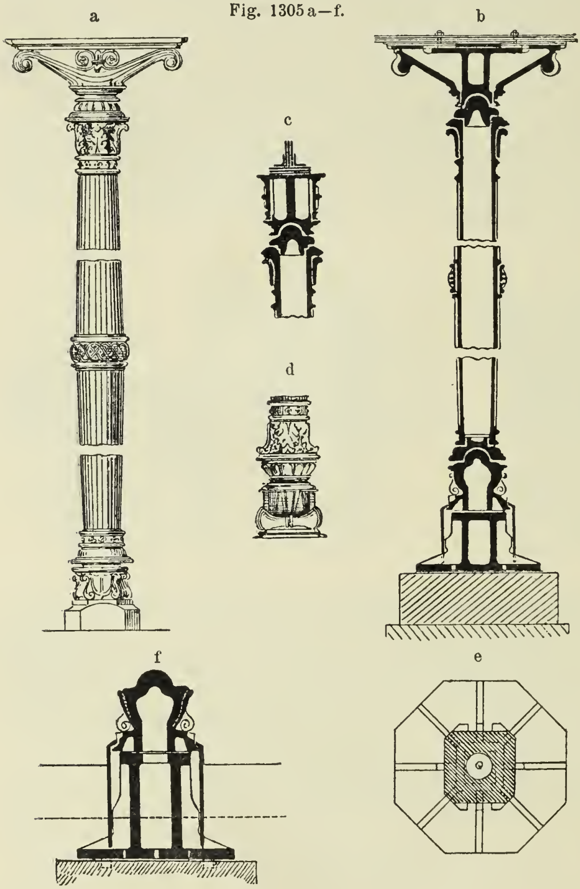
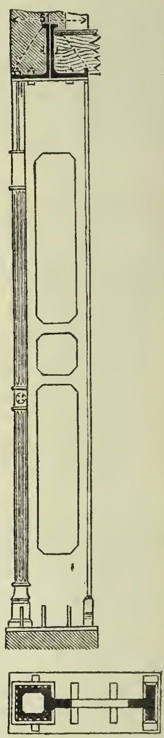


Fig. 1306.



Beispiel von einer Ueberführung der Anhalter Bahn in Berlin. Da auf die Säulenschäfte nunmehr lediglich in der Axe wirkende Kräfte ausgeübt werden können, so hat der Architekt durch Anschwellung der Säule nach der Mitte, also nach dem gefährlichsten Querschnitte zu, das Spiel der Kräfte auch äusserlich zu klarem Ausdruck gebracht. (Vergl. übrigens auch unter den späteren Beispielen derartige Anordnungen mit Gelenken, Fig. 1312 u. 1313, S. 548.)

Die Ausbildung eines Wandpfeilers, wie solche zur Unterstützung der Frontwände in Schaufenstern zur Verwendung kommen, zeigt Fig. 1306. Es kommt hier darauf an, möglichst grosse Fensterflächen zu gewinnen, daher ist die Abmessung in der Breite sehr gering, gewöhnlich nur etwa 15^{cm}, während die Tiefe

der Mauerstärke entspricht. Bei mehrgeschossigen Gebäuden sind die Querschnitte meist unsymmetrisch, da der vordere Theil der Stütze die ganze Mauerlast, der hintere im wesentlichen nur die Auflast durch die Balkenlage des unmittelbar gestützten Geschosses zu tragen hat (ausserdem pflegen solche Stützen gewöhnlich nur eine Schauseite zu haben). Einen symmetrischen Querschnitt zeigt übrigens Fig. 1307, während Fig. 1308 eine Ausbildung mit H förmigem Querschnitt darstellt, in welcher das Fussstück aus den früheren Gründen für sich gegossen ist.

Fig. 1309.

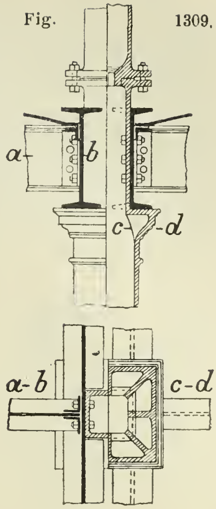
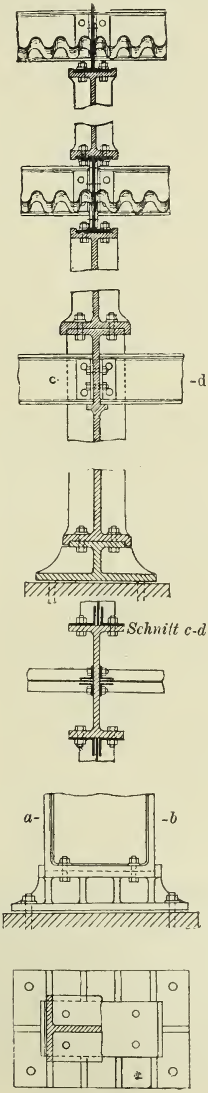


Fig. 1308.



Schnitt a-b

Fig. 1307.

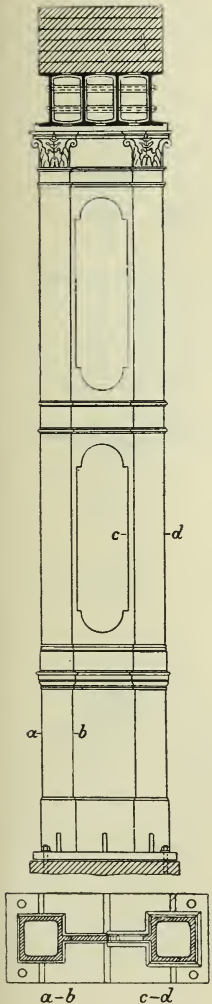
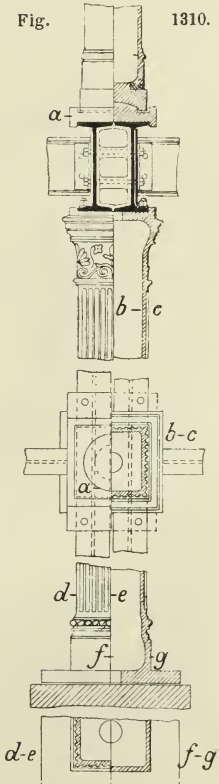


Fig. 1310.



Eine Reihe zweckmässig ausgebildeter Säulenkonstruktionen zeigen die Fig. 1309—1313, welche dem Musterbuch von Scharowsky entnommen sind und weiterer Erläuterung nicht mehr bedürfen, zumtheil auch an den betreffenden Textstellen angezogen worden sind. Bemerkt sei nur, dass die in den Säulenköpfen und -Füssen eingeschalteten (schwarzen) Zwischenstücke in Hartguss hergestellt und sorgfältig abgedreht sind.

In Fig. 1314 ist schliesslich ein Beispiel einer schweren Säulenkonstruktion in schmuckloser Ausführung für einen Fabrikbau (Ludwig Löwe & Co. in

Fig. 1313.

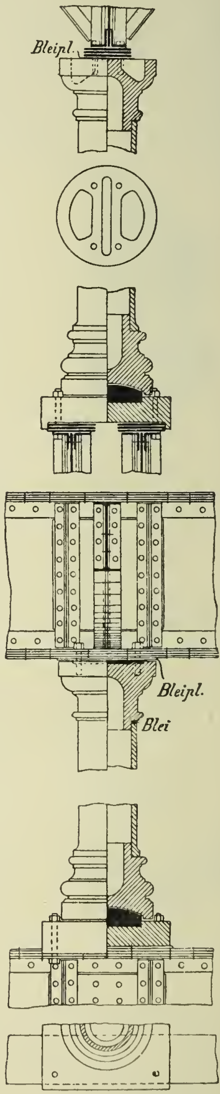


Fig. 1311.

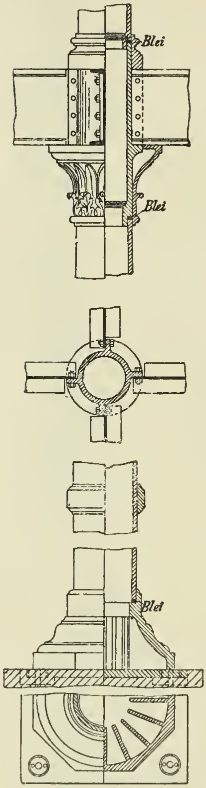
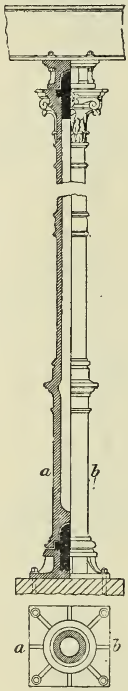


Fig. 1312.



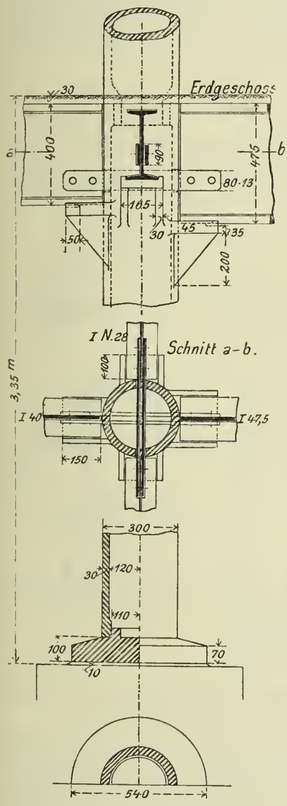
Berlin) dargestellt*). Die Unterzüge der Decke liegen hier auf unmittelbar an den Säulen angegossenen Konsolen auf und sind durch eine, durch Schlitze durchgesteckte Verlaschung verbunden. — Bei der Sprödigkeit des Gusseisens ist beim Transport, Verladen und Aufstellen der Stützen grösste Vorsicht anzuwenden. Ausserdem hängt von der richtigen Aufstellung oft die Tragfähigkeit in hohem Maasse ab. Es sollten daher nur Monteure, nicht Maurer, mit dieser Arbeit betraut werden.

*) Nach Werkzeichnungen der A.-G. Lauchhammer.

c. Stützen in Walzeisen.

Die im Abschnitt a, S. 543 schon hervorgehobenen Vorzüge des Walzeisens haben dem letzteren in solchen Fällen, wo es sich um Nutzbauten und hohe Belastungen handelt, meist den Vorrang vor dem Gusseisen verschafft. Aber auch in solchen Fällen, wo hohe Ansprüche an die architektonische Erscheinung gestellt werden, hat sich das Walzeisen mehr und mehr seinen Platz erobert. Die Architekten haben es verstanden, dem neuen Material neue Kunstformen abzugewinnen und selbst da, wo die Konstruktion nackt in die Erscheinung tritt, durch eine den auftretenden Kräften entsprechende Formgebung bei sparsamer Zuthat von Schmuckformen einen vollauf befriedigenden Eindruck zu erzielen, wie späterhin an einigen Beispielen gezeigt werden soll.

Fig. 1314.



Der Querschnitt walzeiserner Säulen kann in sehr mannichfachen Formen ausgebildet werden, sowohl im Hinblick der Erzielung geringsten Materialverbrauches für eine gegebene Belastung, wie auch nach den räumlichen und örtlichen Erfordernissen, sowie schliesslich nach den Ansprüchen einer gefälligen äusseren Erscheinung. Leichtere Stützen können aus den üblichen einfachen Walzprofilen (siehe Fig. 1315, S. 550) gebildet werden, wobei die unsymmetrischen Querschnitte, also L, ⊥, ⊏, ⅂L, weniger vortheilhaft sind als die symmetrischen +, I. In Fig. 1315 a. f. S. sind eine Reihe der häufiger vorkommenden Querschnittsformen zusammengestellt.

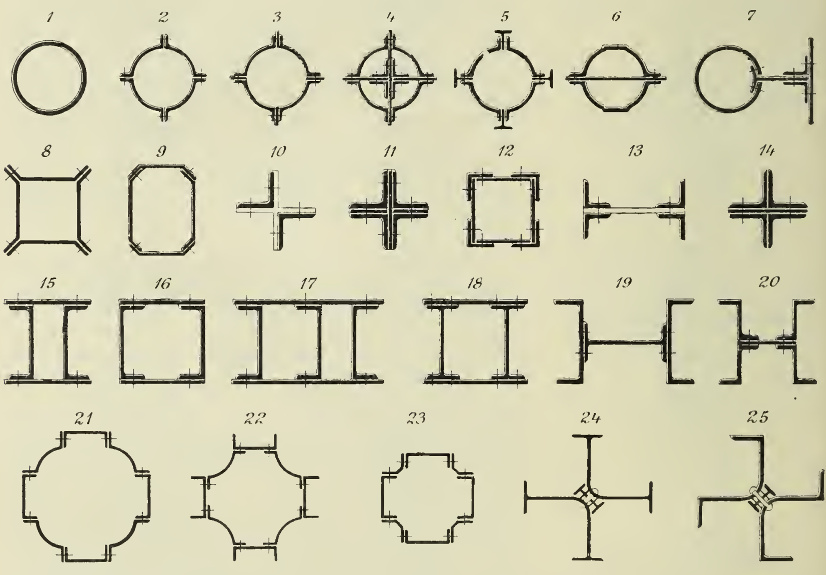
Querschnitt 1 zeigt die einfache Ringform aus geschweisstem Rohr, die also der Form der gusseisernen Rundsäule entspricht. Sie werden hergestellt von 40 mm Durchmesser, 3—4 mm Wandstärke bis zu 500 mm äusserem Durchmesser und 20—25 mm Wandstärke. Sie lassen sich auch ohne wesentliche Mehrkosten mit Verjüngung und Schwellung herstellen. Ihre Anwendung ist aber unbequem wegen der Schwierigkeit der Herstellung von Anschlüssen. Man verwendet daher zweckmässiger nach Querschnitt 2—5 zusammengenietete Quadranteisen. Werden zwischen die Flansche derselben noch Flacheisen gelegt, so wird einerseits eine Verstärkung erreicht, andererseits lassen sich Anschlussbleche leicht durchschieben. Weitere Verstärkung des Querschnittes ist möglich durch Einlegung von Profileisen zwischen die Flanschen, Querschnitt 5, oder durch Einschiebung eines Winkelkreuzes nach No. 4. Auch aus Schwelleneisen lassen sich nach No. 6 der Rundsäule ähnliche Querschnitte bilden. No. 7 zeigt schliesslich eine aus gebogenem Blech genietete Rundsäule im Anschluss an eine Blechwand. No. 10—13 stellt Stützenquerschnitte unter Verwendung von L Eisen dar und zwar: 2 L übereck gestellt, die Schenkel abwechselnd durch wagrechte Flacheisen mit einander vernietet, 4 L in Kreuzform wie vor, oder auch mit zwischengelegten Flacheisen in ganzer Länge der Winkel, 4 L in Kastenform mit aufgelegten Blechen oder mit Gitterwerk verbunden, 4 L in I Form durch ein Stehblech oder durch Gitterwerk verbunden. Der geschlossene Kastenquerschnitt No. 12 ist zwar in der Nietung schwierig herzustellen, aber sehr beliebt. Um scharfe, geschlossene Kanten zu erhalten, sind die Bleche innen aufgelegt. Die Herstellung einer Verjüngung solcher Stützen macht keine Schwierigkeit (vergl. Fig. 1331, S. 555).

Anstelle des kreuzförmigen Querschnittes aus Winkeleisen lässt sich ein solcher nach No. 14 auch aus 2 ⊥ Eisen herstellen.

Leichtere Kastenquerschnitte sind ferner nach No. 8 u. 9 aus schiefwinkligen Rinneneisen herstellbar. Eine weitere Bereicherung der Kastenform bei gleichzeitiger Vergrösserung des Querschnittes ist ferner nach den No. 21—23 möglich, durch Verbindung von Quadrant- oder schiefwinkligem Rinneneisen mit ⊏ Eisen.

Schwere Stützenquerschnitte, wie sie namentlich in Fabriken, Lagerhäusern, Werkstätten usw. zur Anwendung kommen, zeigen die No. 15—20, hergestellt aus ⊐, I u. Z Eisen in Verbindung mit aufgelegten Blechen oder Gitterwerk. Es ist dabei zu beachten, dass sich die Anwendung leichten Gitterwerks nur da empfiehlt, wo es sich um nicht feuergefährliche Betriebe, also namentlich in Werkstätten für Metallbearbeitung usw. handelt, da diese durchbrochenen Stützen (ebenso auch Deckenträger usw.) im Feuer sehr wenig widerstandsfähig sind, was leicht zu begreifen ist. Will man, ohne Umhüllung, die Stützen möglichst

Fig. 1315. Querschnitte.



widerstandsfähig im Feuer erhalten, so sind möglichst kompakte Querschnittsformen zu wählen.

No. 24 u. 25 zeigen schliesslich Stützenquerschnitte, wie sie namentlich in Amerika häufiger zur Anwendung kommen, bestehend aus um ihre Längsaxe gebogenen I oder auch Z Eisen, die in der Mitte unter Einlegung eines kleinen I Profiles durch eine einzige Stehbolzen-Nietreihe verbunden sind. (Vergl. auch S. 444, Fig. 1048 u. 1049, eine solche mit gebrannten Hohlsteinen ummauerte Säule).

Die Herstellung kannellirter Säulen, die in Gusseisen unschwer möglich ist, bietet in Schmiedeisen grössere Schwierigkeit. Ein ähnlicher Eindruck lässt sich erzielen durch Auflegung kleiner Stabprofile (vergl. Fig. 1170, S. 500) oder nach Fig. 1316a und b durch Zusammennietung aus gekrümmten Blechstreifen oder aus mehrfachen kleinen Quadranteisen. In derselben Fig. 1316c—e sind ferner Rundsäulen, bezw. kastenförmige Querschnitte dargestellt, die nicht, wie in Fig. 1315 mit geschlossen aufeinander liegenden Flanschen, sondern mit Stehbolzen vernietet sind. Es kann dann an jeder Stelle durch Einschiebung eines Knotenbleches ein Anschluss hergestellt werden, während gleichzeitig ohne

wesentliche Erhöhung des Materialaufwandes das Widerstandsmoment vergrössert wird. Solche Säulen sind allerdings nur in geschlossenen, nicht feuchten Räumen empfehlenswerth, da bei ihnen die Feuchtigkeit in das für Erneuerung des Anstriches unzugängliche Innere eindringen kann.

Kopf und Fuss der walzeisernen Stützen können entweder in Gusseisen oder ebenfalls in Schmiedeisen ausgeführt werden. Für Rundsäulen ist die Ausbildung des gusseisernen Fusses und Kopfes nach Fig. 1317 eine sehr einfache (vergl. auch später die Fig. 1322 u. 1324, S. 552 u. 553), aber auch bei zusammengesetzten Querschnitten bietet die Herstellung eines Gusseisenfusses und Kopfes, welcher schuhartig die Schaftenden umschliesst und mit diesen verschraubt wird, keine besondere Schwierigkeiten (vergl. später Fig. 1326 u. 1327). Bei schweren Stützen wird an das gerade abgeschnittene Schaftende eine Platte angenietet, die sich stumpf auf einen mit Rippen ausgesteiften Gusseisenfuss aufsetzt, vergl. Fig. 1318.*)

Fig. 1316.

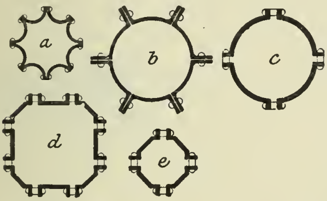


Fig. 1318.

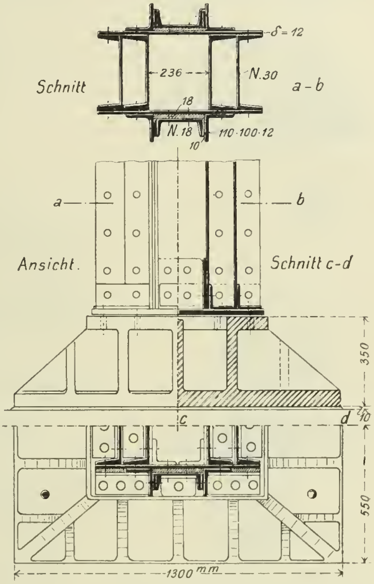


Fig. 1319.

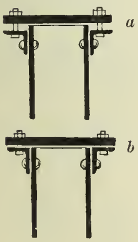
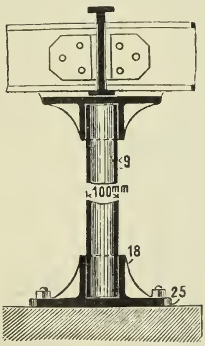


Fig. 1317.



Schmiedeiserne Köpfe und Füsse werden bei Rundsäulen durch Umnietung eines Ringes und Aufnietung einer Platte gebildet. Es ist jedoch hierbei dafür zu sorgen, dass die Platte unmittelbar auf der glatt abgeschnittenen Röhre ruht und nicht erst den Druck durch Vermittelung des Ringes auf den Schaft überträgt, da nur im ersten Falle eine zentrische Belastung gesichert ist. Die Ausbildung hat also nach Fig. 1319a mit 1—2 mm Spielraum zwischen Ring und Platte, nicht nach Fig. b zu erfolgen. Grössere Platten lassen sich noch durch Blechrippen gegen den Säulenschaft aussteifen (vergl. Fig. 1325 S. 553). Einen schweren geschmiedeten Fuss einer Fachwerksstütze zeigt Fig. 1320 a. f. S. Hier ist das Stützenende durch aufgenietete Bleche versteift und mittels ∟ Eisen auf eine Blechplatte aufgenietet. Die unteren Niet-Köpfe in dieser Platte müssen natürlich versenkt sein, um ein glattes Auflager auf dem Fundament zu erreichen. Die Fussplatte kann, wenn erforderlich, natürlich unschwer mit dem Fundament verankert werden.

*) Elektrische Zentrale in Braunschweig.

Eine einfache Kopfausbildung in Schmiedeisen ist in der Stütze Fig. 1321 dargestellt, bei *D*. (Das Beispiel*) stammt von dem Gebäude der Markt- und Kühlhallen-A.-G. in Berlin, ebenso wie die Fachwerkstütze Fig. 1320.) Diese Figur zeigt auch bei *A* den Stoss der Stütze in Höhe eines Geschossfussbodens, bei *C* den Anschluss der Unterzüge. In *B* ist die Verbindung der beiden den Querschnitt bildenden **[** Eisen durch in grösseren Abständen aufgenietete Flacheisen gezeigt.

In den Fig. 1322—1330 sind noch einige Beispiele

Fig 1321.

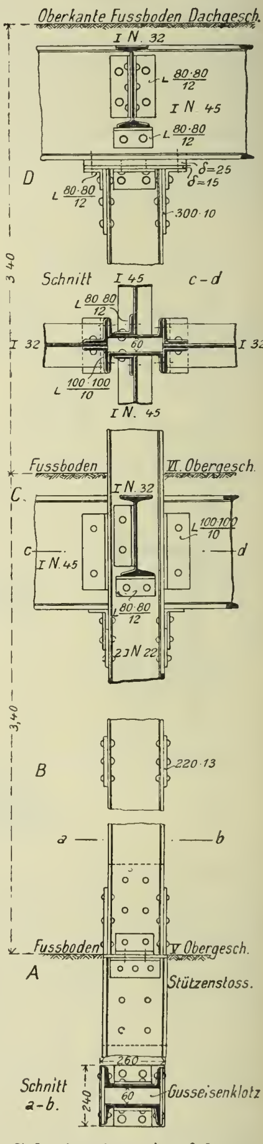


Fig. 1322.

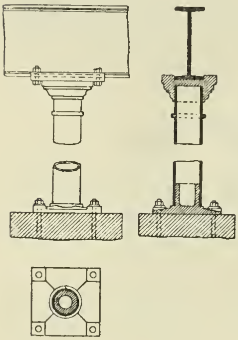


Fig. 1323.

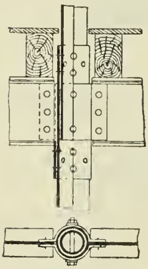
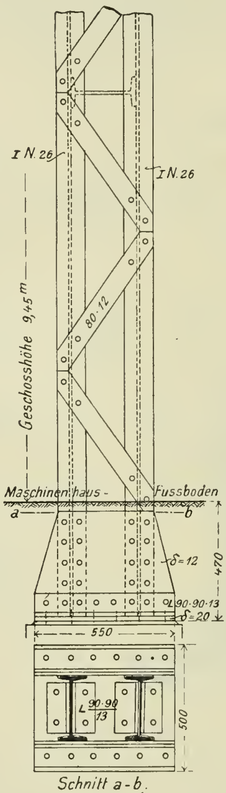


Fig. 1320.



von eisernen Säulen nach dem Musterbuch von Scharowsky gegeben. Fig. 1322 zeigt eine einfache Rundsäule mit ein- bezw. aufgeschobenemGusseisenfuss bezw. -Kopf, Fig. 1323 den Stoss einer solchen Säule in Geschosshöhe mit Anschluss der Unterzüge; Fig. 1324 giebt einen kräftigen Gusseisenfuss mit einfachem genieteten Kopf mit **L** Ring und Platte. Fig. 1325 zeigt Fuss und Kopf genietet mit übergeschobener gusseiserner Zierform. Durch Gusseisen-Zwischenstücke wird auch der Stoss in Fussbodenhöhe gebildet. Fig. 1326—1329 giebt die Säulenbildung mit Quadranteisen, theils mit Gusseisen-Fuss und -Kopf, theils in Schmiedeisen-Ausführung. Fig. 1330 schliesslich stellt eine Stütze aus vier kreuzförmig zusammengenieteten **L** dar, mit Schmiedeisenfuss und gusseiserner Stossplatte in dem unteren Stock-

*) Nach Werkzeichnungen des Eisenwerkes A.-G. Lauchhammer.

werke. In den oberen Stockwerken geht die Stütze ungestossen durch mehrere Geschosse durch.

Walzeiserne Säulen lassen sich natürlich auch, falls dies aus den schon

Fig. 1324.

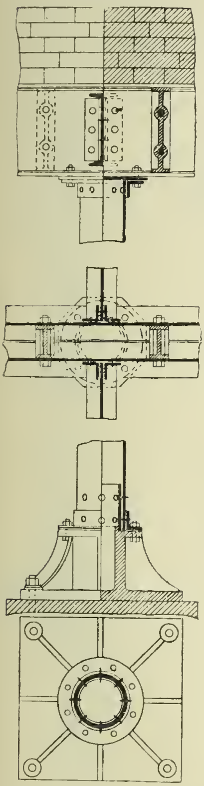
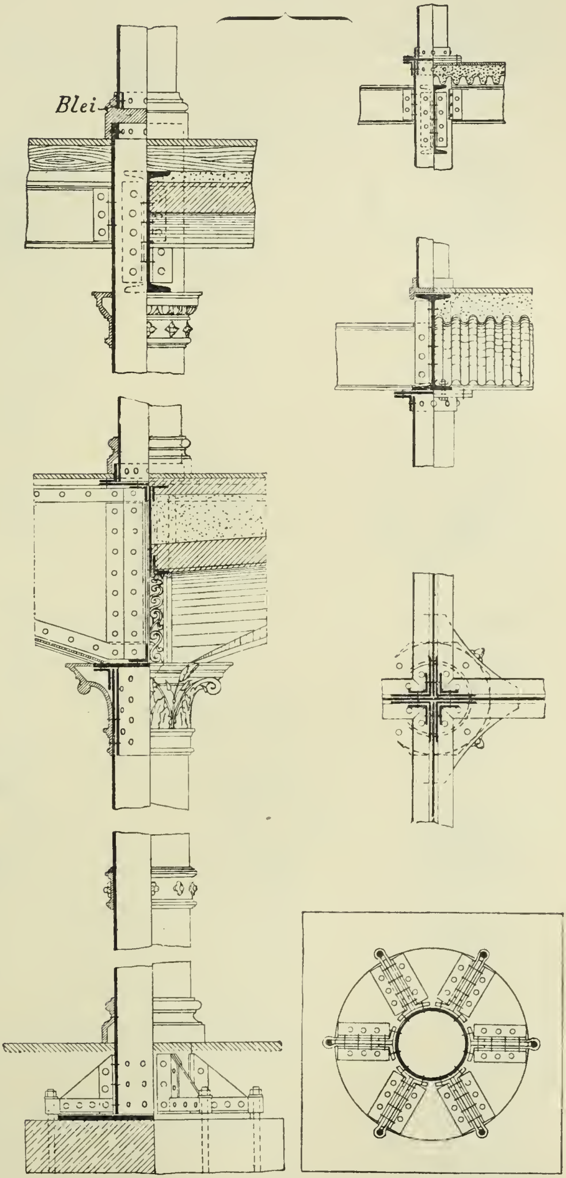


Fig. 1325.



angeführten Gründen wünschenswerth ist, als Pendelstützen ausbilden. Fig. 1331 zeigt das Beispiel einer derartigen Stütze einer Unterführung der Berliner Stadteisenbahn.

Schliesslich seien noch einige Musterbeispiele für die künstlerische Ausgestaltung von Stützen verschiedenen Querschnitts zumtheil in moderner Formgebung, von der elektrischen Hochbahn von Siemens & Halske, Berlin*) in den Fig. 1332—1335 beigegeben.

*) Vergl. auch Dtsche. Bauztg. Jahrg. 1902, No. 42 u. 44.

Fig. 1326—1329.
Säulenbildung mit Quadranteisen.

Fig. 1326.

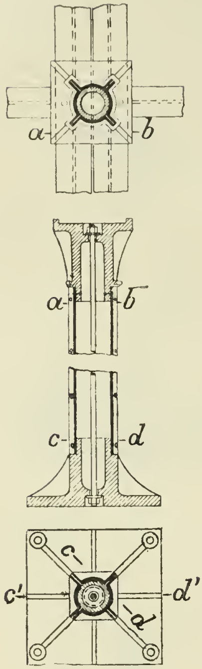


Fig. 1327.

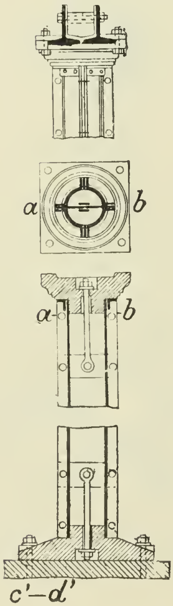


Fig. 1328.

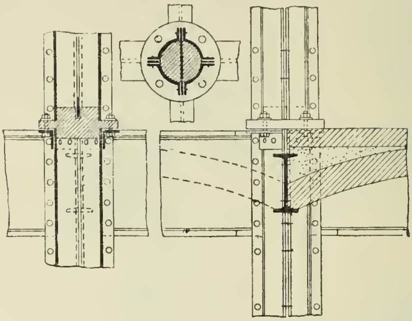


Fig. 1329.

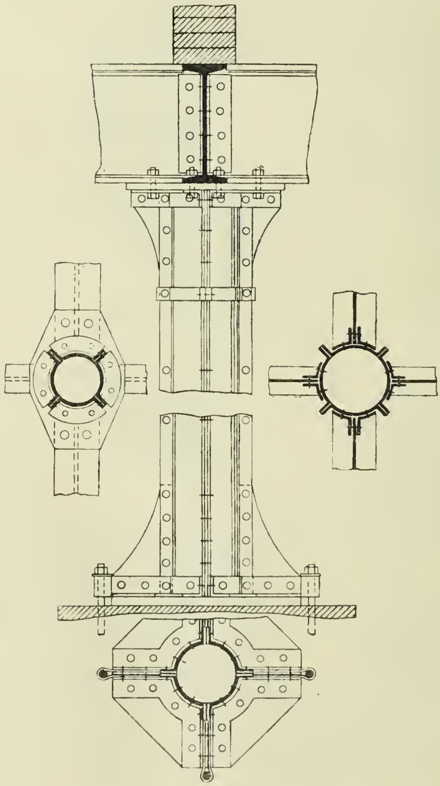
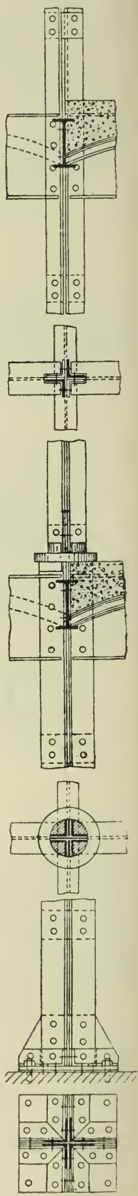


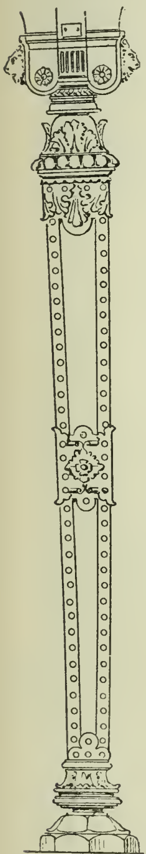
Fig. 1330.



d. Durchmauerte Walzeisenstützen.

Während man bei Einführung des Eisenbaues sich vielfach der Meinung hingab, dass man damit auch Feuersicherheit erreiche, haben grosse Brände in Speichern und Waarenhäusern später gelehrt, dass man sich in dieser Annahme täuschte, dass vielmehr überall da, wo viel brennbare Stoffe zusammen gehäuft sind, wo sich also imfalle eines Brandes hohe Temperaturen entwickeln können, sowohl gusseiserne wie schmiedeiserne Stützen gluthsicher umhüllt, d. h. dem unmittelbaren Angriff der Flammen entzogen werden müssen, sobald an das

Fig. 1331 a—d.
Pendelstütze der Berliner Stadtbahn.



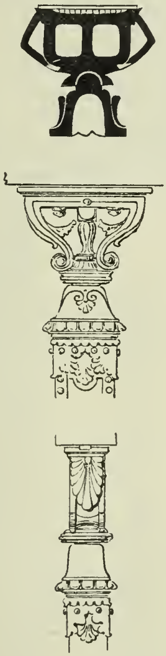
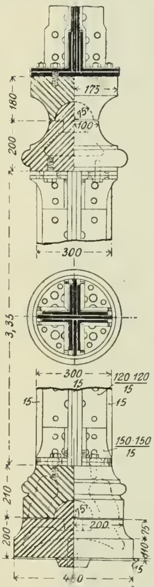
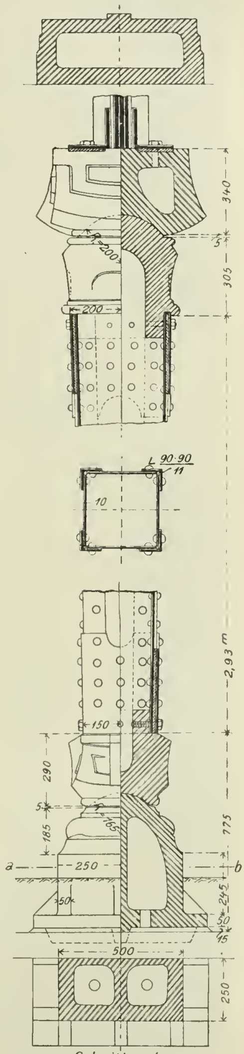


Fig. 1332 u. 1333.
Pendel-Stützen der Elektrischen Hochbahn in Berlin.



Konstruktion zu Fig. 1335.



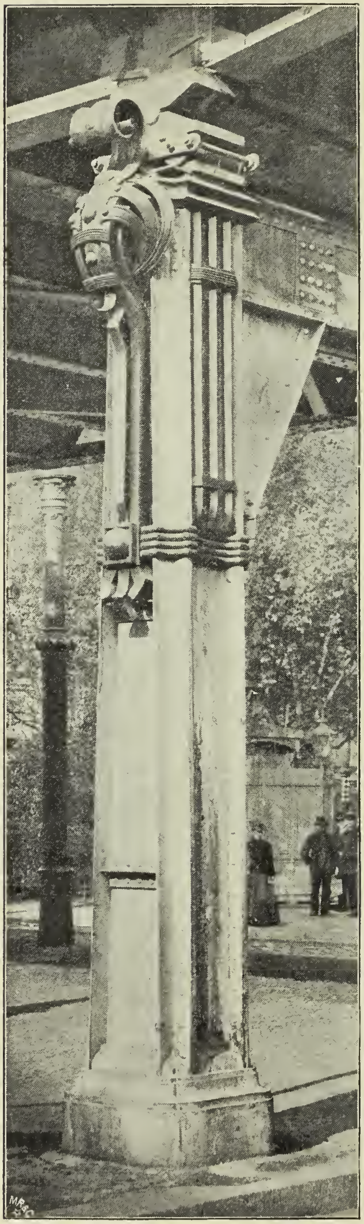
Bauwerk der Anspruch auf Feuersicherheit erhoben werden soll. (Vergl. hierzu Hauptabschnitt IV, Rücksichten auf Feuersicherheit S. 442.) Diese Ummantelungen sind der Raumersparniss wegen meist so dünnwandig ausgeführt und mit dem eisernen Kern auch nur in solcher Weise verbunden worden, dass sie für die Tragfähigkeit der Stütze selbst nicht inbetracht kommen. Anders liegt der Fall bei einer Um-, oder besser gesagt, Durchmauerung der Stützen mit gutem, auch im Feuer beständigem Ziegelmaterial (z. B. Rathenower Ziegel). Derartige Ausführungen sind in Belgien und Frankreich schon sehr frühzeitig gemacht worden, wobei eine vollständige Umhüllung aller Flächen mit mindestens $^1/_4$ Stein (4,3 cm Dicke nach belgisch-französischem und englischem Maass) stattfand. Solche

Fig. 1334 Fig. 1335.

Stützen der elektrischen Hochbahn in Berlin

am Kottbuser Thor. am Halleschen Thor.

Arch.: Professor A. Grenander. Arch.: Solf & Wichards.

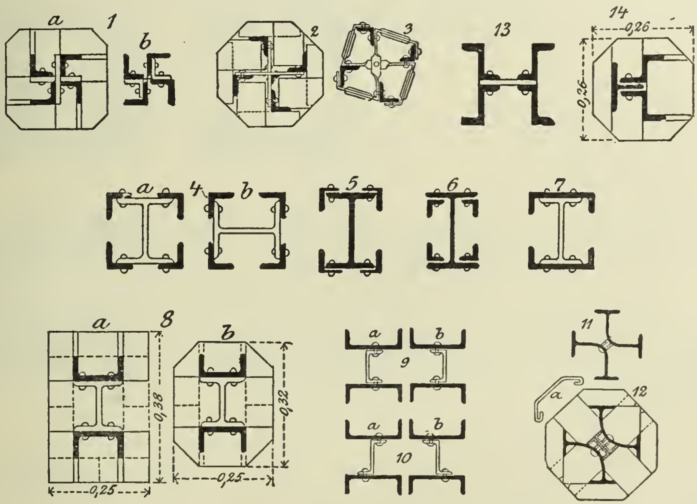




Stützen haben den grössten Schadenfeuern widerstanden. Eine Zusammenstellung ausgeführter Querschnittsformen ist in Fig. 1336 gegeben.

Es liegt auf der Hand, dass durch eine solche Anordnung nicht nur Feuerschutz gewährt, sondern auch die Tragfähigkeit bedeutend erhöht wird, da, wie bei den Betoneisen-Stützen (vergl. S. 446) sich das Eisen und das Mauerwerk (Zementmörtel vorausgesetzt) gegenseitig unterstützen, gemeinsam die Lasten tragen. (In Deutschland sind derartige Anordnungen weniger zur Anwendung gekommen, unser grosses Ziegelformat zwingt auch zu verhältnissmässig starken Konstruktionen, sodass also die Raumersparniss geringer wird.) Die Stützen erhalten also, wenn man das Eisen als freistehend berechnet einen erhöhten Sicherheitsgrad, oder man kann, wenn nur die übliche Sicherheit angestrebt wird, den Eisenquerschnitt verringern. Natürlich ist in jedem Einzelfalle nach dieser Richtung hin eine sorgfältige statische Untersuchung anzustellen.

Fig. 1336. Durchmauerte Walzeisenstützen.



In der Fig. 1336 zeigt No. 3 ein englisches Beispiel, No. 14 den Fall einseitiger Belastung, die jedoch den entsprechend unsymmetrisch ausgebildeten Eisenquerschnitt gleichmässig beansprucht. In No. 11 und 12 sind die schon mehrfach erwähnten, besonders in Amerika beliebten Querschnittsformen der sogen. Larimer Säulen ohne und mit Ummauerung dargestellt.

Um den in verschiedenen Fällen nicht stets genügend durchführbaren Verband sowohl im Inneren als in den Aussenmauerungen herzustellen, legt man in die Fugen Drahtstückchen nach der Nebenfigur zu Fig. 1336 No. 12a oder nach Fig. 1337 ein, welche mit einem Auge zusammengebogen, auf der Kreuzungsstelle und am Ende flach geschlagen sind; dieselben bilden so eine wirksame Verankerung, die auch in anderen Fällen Verwendung verdient.

Statt der Ummauerung mit Ziegeln ist die Umhüllung mit Beton mit Vortheil anzuwenden, wie aus den beiden Beispielen Fig. 1338 u. 1339 hervorgeht. In beiden Fällen ist der die Stütze umhüllende Beton in eine Eisenhaut eingehüllt, die wieder durch Verputz geschützt ist. Fig. 1338 zeigt die Anwendung des Streckmetalls zu diesem Zwecke, während in Fig. 1339 (System Röbling) eine glatte Eisenhaut gewählt ist.

Vortheilhafter als die Anwendung der durchmauerten Eisenstützen, bei denen man den Eisenquerschnitt doch immer noch als selbständig tragfähig (wenn auch mit geringerem Sicherheitsgrade als bei freistehenden Formen) wird ausbilden

müssen, sind heutzutage aber jedenfalls die Betoneisenstützen, bezügl. deren auf S. 446 verwiesen werden muss.

Ebenso wird die Ausbildung als Betoneisenpfeiler dann am Platze sein, wenn man hohen, schlanken Massivpfeilern grössere Knickfestigkeit geben will. Früher behalf man sich in solchen Fällen mit einer äusseren Eisenarmirung der Ecken, wie Fig. 1340a und b an einem Beispiel von der Grossen Oper in Paris zeigt, oder durch vollständige Umhüllung mit einem Mantel aus Profileisen nach den No. 21 bis 23 der Fig. 1315 auf S. 550. Solche Pfeiler können natürlich nicht als ein homogenes Ganzes betrachtet werden und es dürfte unmöglich sein, rechnerisch den Antheil der Eisenverstärkung an der Belastung nachzuweisen. Aussen um einen Pfeiler gelegte Eisenarmirungen sind also nur dann gerechtfertigt, wenn es sich um die Nothwendigkeit nachträglicher Verstärkungen handelt.

Fig. 1337.



Fig. 1340a und b.

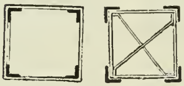


Fig. 1338.

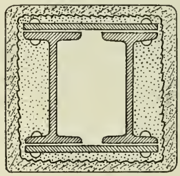
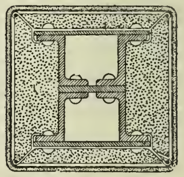


Fig. 1339.

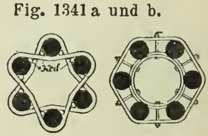


Dasselbe gilt in den Fällen, wo Schornsteinkasten, Lüftungsschlote gleichzeitig als Stützkonstruktionen ausgebildet werden. Hier lassen sich verschiedene, der in Fig. 1315 dargestellten Hohlformen mit entsprechender Ummauerung anwenden. Das Eisen ist hierbei aber im Inneren dem Angriff der Feuergase, also der Zerstörung ausgesetzt, während in den Beton-Eisenkonstruktionen das Eisen vollständig umhüllt ist. Letztere sich allen Formen leicht anpassende Ausführungsweise ist also in solchen Fällen ganz besonders am Platze und erscheint geeignet, die älteren, in ihrer Wirkungsweise unklaren Anordnungen mehr und mehr zu verdrängen.

e. Nothstützen aus einfachen Stabeisen.

Nicht allenthalben und nicht jederzeit sind die unbedingt zweckmässigsten Profile, und selbst nicht die nöthigen Arbeitskräfte und Einrichtungen zeitig zu beschaffen. Unter solchen Verhältnissen hat sich eine Konstruktion bewährt, welche schwere Belastungen aufnehmen kann, wenig Arbeit verursacht und in der gegebenen Raumeinschränkung auch der Forderung genügt, dass keine scharfkantigen Ecken entstehen: dieselbe ist in Fig. 1341a und b in zwei verschiedenen Ausbildungen dargestellt. Die an sich nicht knickfesten Rundstäbe sind hier durch wagrechte Flacheisen, dünne Rundeisen oder starke Drähte zu einem säulenartigen, einheitlichen Querschnitt verbunden. Das Eisengewicht überschreitet um etwa 10—15 $^0/_0$ das für Herstellung aus ⊢-Eisen erforderliche.

Fig. 1341a und b.



a *b*

f. Eisenschuhe für Holzstützen auf Mauerwerk.

Sind Stützen aus Holz auf gemauerten Fundamenten aufzustellen, so werden in der Regel gusseiserne Fussplatten erforderlich. Diese sind mit einem den Stützenfuss genau umfassenden erhöhten Rande zu versehen und erhalten im Boden eine Oeffnung, durch welche Feuchtigkeit entweichen kann, Fig. 1342a und b. Es ist dies aber gefährlich, da die Feuchtigkeit des Holzes nicht verdunsten kann usw.; auch leidet beim unmittelbaren Aufstehen auf Eisen das Holz. Es werden deshalb die Hölzer mit einem ∟-Eisen-Bande versehen und die Rahmflanschen der Fussplatte derart durchbrochen, dass Luft darin frei spielen kann, Fig. 1343a und b.

Wenn es nöthig ist, derartige Stützen gegen Ausheben oder Umkippen zu sichern, müssen zwischen Platte und Fundament, sowie zwischen Platte und Stütze, Eisenanker hinzu treten. Als umfassendes Beispiel diene Fig. 1344a und b. Die Verankerungen sind durch gewöhnliche Rund- bezw. Flach-Anker bewirkt, die Ecken der Stütze mit L-Eisen besäumt und in einer Ausfalzung ist ein Abfallrohr herab geführt, zu dessen Durchleitung die Platte durchlocht ist.

Fig. 1342.

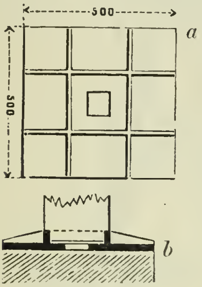


Fig. 1344.

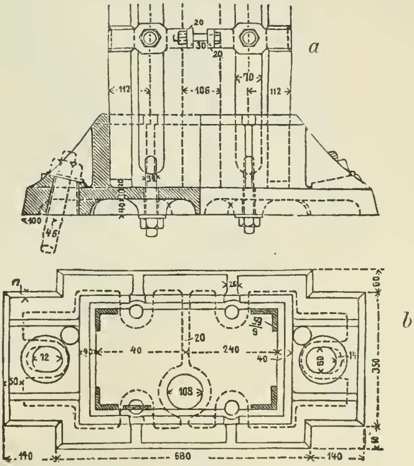
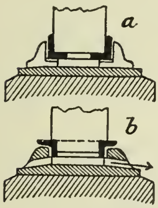
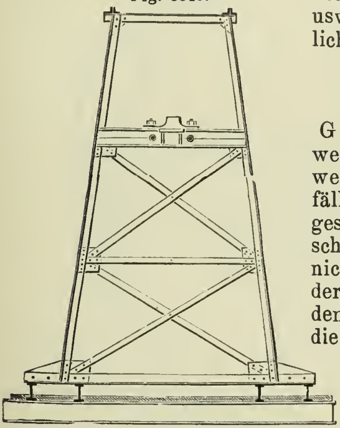


Fig. 1343.



Aehnliche Schuhkonstruktionen werden auch erforderlich, wo Verbindungen zwischen Holz und Eisen hergestellt werden sollen, z. B. wo die Streben hölzerner Dachstühle sich auf Eisenstützen aufsetzen usw. Die Form der Schuhe hat sich dann natürlich dem jeweiligen Zweck entsprechend anzupassen.

Fig. 1345.



g. Glockenstühle.

Eine besondere Gattung von Stützen bilden die Glockenstühle, die oft in Eisen ausgeführt werden, weil dabei die Konstruktion ungleich weniger schwerfällig und raumeinnehmend ausfällt, als in Holz. Die Glockenstühle müssen so gestaltet sein, dass sie einerseits ein freies Ausschwingen der Glocken ermöglichen, andererseits nicht nur das oft erhebliche Glockengewicht, sondern auch die aus den Schwingungen sich ergebenden Kräfte aufzunehmen im Stande sind. Werden die Glocken in Schwingung versetzt, so ändert sich der durch den Zapfen auf den Stuhl übertragene Druck beständig nach Grösse und Richtung. Bei der Berechnung begnügt man sich gewöhnlich, die grössten lothrechten und wagrechten Zapfendrucke zu ermitteln*) und danach die Stärke der Eisenkonstruktion und die Spannungen im Mauerwerk zu ermitteln.

*) Bezügl. der Berechnung dieser aussergewöhnlichen Konstruktionen, bezw. der besonderen Beanspruchung siehe: Berechnung der schmiedeisernen Glockenstühle. Zeitschr. d. Hannoverschen Arch. u. Ing.-Vereins 1872, S. 635; Schupmann: Die Achsendrücke schwingender Glocken: Deutsche Bauztg. 1875, S. 426; ferner Mittheilung von Köpcke in den (gedruckten) Protokollen des Sächs. Arch.- u. Ing.-Ver., 1875, (1875er) Hauptversammlung d. Vereins; schliesslich Schweizer. Bauztg. 1897, Bd. 29, S. 44.

Fig. 1346.

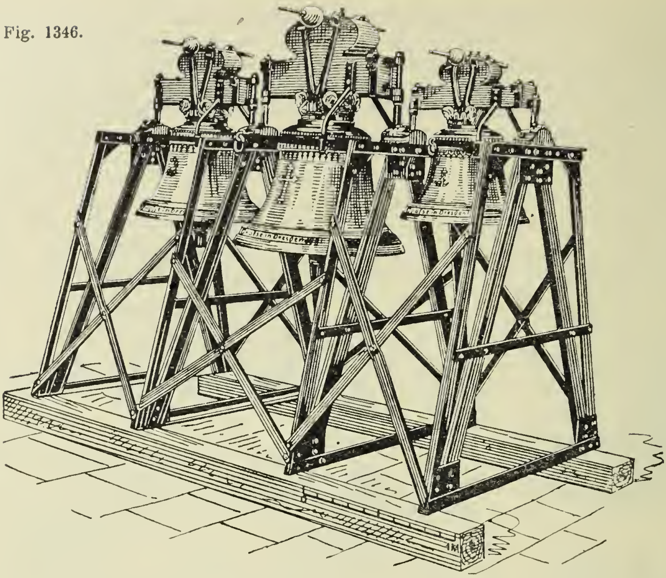
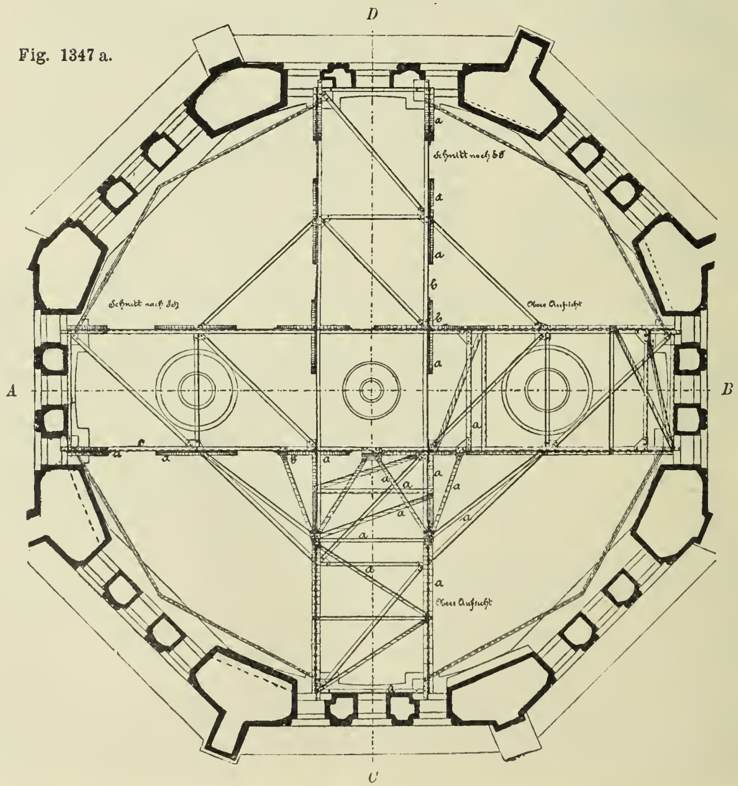


Fig. 1347 a.



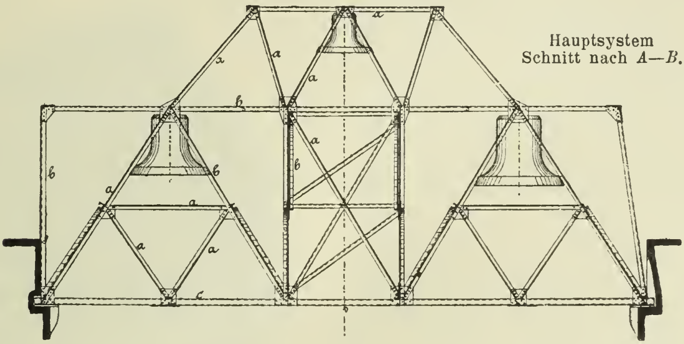
Bei einer Höhe bis 2,5 m des Lagerbalkens über der aus I Trägern hergestellten Balkenlage des Thurmes beträgt das Gewicht des Glockenstuhles etwa 0,6 des Glockengewichtes und für 1 qm Grundrissfläche des lichten Thurmraumes 80—90 kg. Wenn aber der Lagerbalken höher als 2,5 m liegt, müssen bis 220 kg für 1 qm Grundrissfläche des lichten Thurmes gerechnet werden.

Ein im Thurm der Zionskirche zu Berlin ausgeführter, nach Angabe von Grosse in Dresden konstruirter Stuhl ist in Fig. 1345 dargestellt. Die über Lagerhöhe hinausgehende Fortsetzung der Konstruktion dient zur Vermehrung der Festigkeit.

Einen mehrfachen Glockenstuhl für ein Dreigeläut veranschaulicht Fig. 1346.

Fig. 1347b.

C

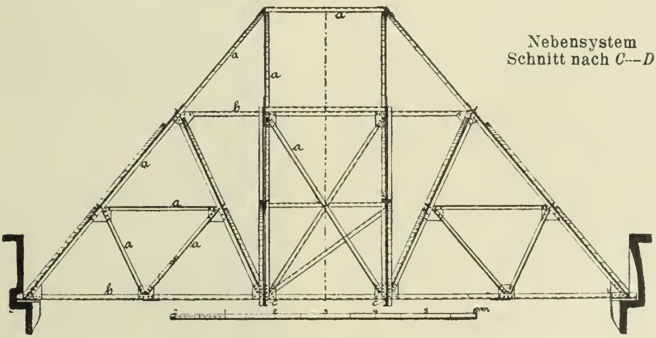


Hauptsystem
Schnitt nach *A—B*.

D

Fig. 1347c.

A



Nebensystem
Schnitt nach *C—D*.

B

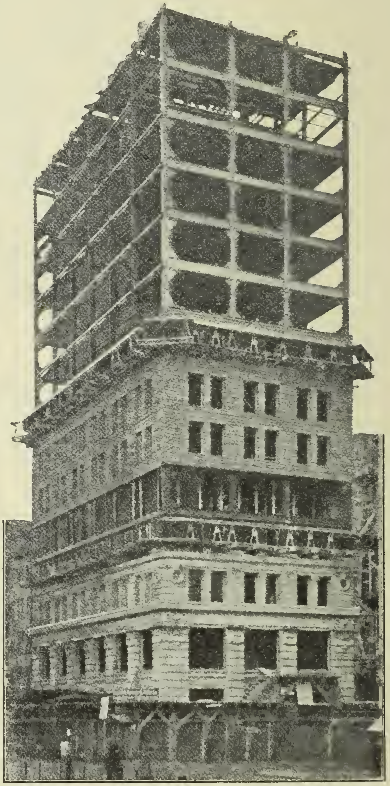
Während die beschriebenen Glockenstühle auf besonderer Balkenlage ruhen, wie es bei Einfügung in bestehende Thurmbauten kaum vermeidlich ist, geht man heute darauf aus, die Drücke gleichmässig durch Auflagerung der räumlichen Fachwerke auf das Mauerwerk unmittelbar zu übertragen und solchergestalt die entstehenden Schwingungen in der Masse des Strebewerkes aufzuheben, wobei die Drücke sich gleichmässig auf die Ecken vertheilen. Eines der interessantesten Beispiele dieser Art zeigt Fig. 1347 in Grundriss und zwei Aufrissen; es ist der Glockenstuhl zu der von Otzen erbauten Kreuzkirche in Berlin, nach der Konstruktion von Bretschneider & Krügner in Berlin. Als besonders bemerkenswerth ist hervor zu heben, dass nur die Querschwellen *c* aus ⊏ Eisen (von 130 . 55), das gesammte Strebenwerk und die Zugbänder aus nur zwei verschiedenen L Profilen: *a* = 80 . 80 . 8 und *b* = 90 . 90 . 9 mm, mit Ecknietblechen bestehen.

IX. Wände aus Eisenfachwerk.

a. Anwendung, allgemeine Ausbildung und Vortheile.

Der Eisenfachwerkbau findet bei uns bisher, trotz seiner mannichfachen Vorzüge, nur vereinzelt im Wohnhausbau und überhaupt bei Gebäuden, bei denen Werth auf gefällige äussere Erscheinung gelegt wird, Anwendung. Immer häufiger wird er dagegen schon jetzt zu Schuppen, Baracken, Fabrikanlagen aller Art, sowie namentlich auch bei Ausstellungsbauten verwendet. Dass sich übrigens auch im Eisenfachwerkbau, und zwar bei dem seine Konstruktion unverhüllt zeigenden, ansprechende Wirkungen erzielen lassen, haben namentlich verschiedene Ausführungen dieser Art auf den Weltausstellungen von 1878 und 1889 in Paris gezeigt,*) wie denn die Anwendung des Eisenfachwerkbaues, wie des Eisenbaues überhaupt, sich in Frankreich im Hochbauwesen einer ausgedehnteren Verbreitung erfreut, als dies bei uns auch heute noch der Fall ist.

Fig. 1348.



Der Eisenfachwerkbau entspricht in seiner Anordnung im wesentlichen dem Holzfachwerk. Wie bei diesem besteht das Gerüst in seiner vollständigen Gestalt aus den wagrecht liegenden Schwellen, Rahmen und Riegeln, den lothrechten Pfosten oder Ständern und den geneigten Streben, welche einer Längsverschiebung der Wände entgegenwirken. Das Gerüst ist in diesem Falle so angeordnet, dass es sowohl die lothrechten Lasten aufnimmt, wie auch gegen wagrechte Kräfte an sich standfest ist. Als Material vollständiger Fachwerke kommt jetzt nur noch das Schmiedeeisen, allenfalls unter Hinzuziehung gusseiserner Schuhe, inbetracht. Nur Pfostenkonstruktionen werden noch in Gusseisen ausgeführt.

Die Ausfüllung der durch das Eisengerüst gebildeten Fache erfolgt in den meisten Fällen wie beim Holzfachwerkbau, durch Ausmauerung oder durch Ausstampfung mit Beton. Seltener, namentlich bei vorübergehenden Bauten, die eine reichere Ausbildung erhalten sollen, werden die Gefache mit Zement- und Gipsplatten, bezw. mit Terrakotten ausgesetzt. Der Schluss der Gefache kann ferner erfolgen, durch glatte und gewellte Bleche, durch Gusseisenplatten (namentlich bei kleinen Bauten in schmuckvoller Ausführung), durch Drahtgewebe, bezw. gelochte und gezerrte Bleche, die als Putzträger dienen, durch Holz und holzartige Stoffe, durch Pappe, Asbest, Leinwand und schliesslich durch Glas. Die Konstruktion des Gerüstes ist in allen Fällen eine ähnliche; verschieden ausgebildet sind nur die Anschlussvorrichtungen für die verschiedenen Materialien.

Bei Fabrikbauten wird häufig das stützende, in sich völlig standfeste Eisengerüst von der Mauer völlig getrennt. Letztere umgiebt ersteres als unbelastete, nur an einzelnen Stellen mit ihm verankerte Hülle. Zu den Eisenfachwerk-

*) Vergl. Pavillon der Stadt Paris 1878. Nouv. Ann. de la Constr. 1878.

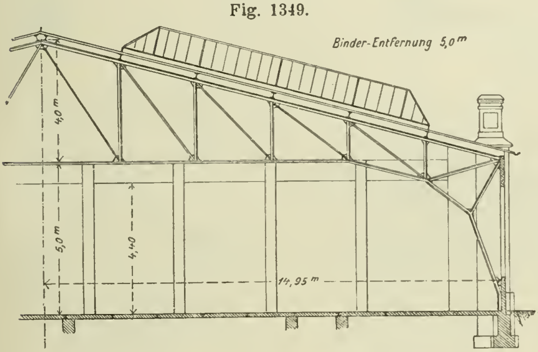
bauten gehören schliesslich auch die offen bleibenden Schuppen und Hallen (bei denen aber die wagrechten Verbindungen dann meist ganz wegfallen).

Die Vorzüge des Eisenfachwerkbaues liegen auf verschiedenen Gebieten. Ersparnisse werden hauptsächlich dann erzielt, wenn hoher Grundwerth äusserste Raumausnützung fordert und bei schwierigen Gründungsverhältnissen. Die Auflösung des Fachwerks in einzelne Stützen gestattet eine isolirte also billigere Gründung der letzteren, da die Zwischenwand leicht ganz freitragend hergestellt werden kann. Die grosse Steifigkeit des Eisenfachwerkbaues lässt seine Ausführung auch auf unsicherem Boden (in Bergwerksgegenden, oder solchen, die von Erdbeben heimgesucht werden), zu, und ermöglicht ausserdem ein leichtes Wiederanheben bei Versackungen. Ein weiterer Vorzug ist die Schnelligkeit und Einfachheit der Aufstellung (daher gern angewendet bei Ausstellungsbauten, Ausführung in tropischen Gegenden), die Sicherheit gegen Fäulniss und Insektenfrass und die verminderte Feuergefährlichkeit. Feuersicherheit bieten Eisenfachwerkbauten natürlich nur, wenn sie allseitig feuersicher umhüllt sind. Beispiele für beste Art der Ausführung geben besonders die nordamerikanischen Thurmhäuser, die schliesslich nichts weiter sind als Eisenfachwerkbauten. Fig. 1348 zeigt ein solches Gebäude im Bau. Es ist dies das Gebäude „Brodway Chambres" in Newyork, das in Modellen und Zeichnungen auf der Weltausstellung in Paris 1900 vorgeführt besondere Aufmerksamkeit erregte.*) Da derartige Ausführungen kaum bei uns infrage kommen können, so sei dies nur beiläufig erwähnt.

b. Eisenfachwerk mit Ausmauerung der Gefache.

Wird das Eisenfachwerk, wie bei dauernden Bauten meist üblich $^1/_2$ Stein stark ausgemauert, so kann diese Ausmauerung bis zu einem gewissen Grade tragend mitwirken. Jedenfalls wirkt sie versteifend und es finden sich daher häufiger solche Bauten, denen die Streben fehlen, sodass also die Ausmauerung allein Bewegungen in der Längsrichtung der Mauer verhindert. Den Pfosten fällt stets die Aufgabe zu, Verbiegungen der Wand zu verhindern, sie müssen also quer zur Wand, an den Ecken nach beiden Richtungen, entsprechend steif ausgebildet sein. Bei mehrgeschossigen Gebäuden geben die Zwischendecken eine wirksame Versteifung gegen wagrechte Kräfte ab. Bei Bauten ohne solche Aussteifung lässt sich die nöthige Standfestigkeit bei einfachen Ausführungen mitunter durch von aussen angesetzte Streben**) oder durch entsprechende Ausbildung der Dachbinder erreichen, wie dies Fig. 1349 an dem Beispiele der Motorwagenhalle der Strassenbahn in Leipzig zeigt. Ist auch das nicht möglich, so müssen sich die oberen Enden der Pfosten gegen einen, längs der ganzen Wandlänge eingelegten wagrechten Windträger (Gitterträger) stützen, der den Winddruck auf die End- oder Zwischen-Querwände überträgt. In den Endfeldern der Längswände, namentlich aber in den Giebelwänden sind dementsprechende kräftige Verstrebungen einzulegen, welche

Fig. 1349.



*) Näheres über dieses Gebäude vergl. Bd. II, Gebäudekunde, Th. 5. — Allgemeine Ausführungen über die Konstruktion der amerikanischen Thurmhäuser, s. ferner Zeitschr. für Bauwesen 1895, S. 217 von O. Leitholf.

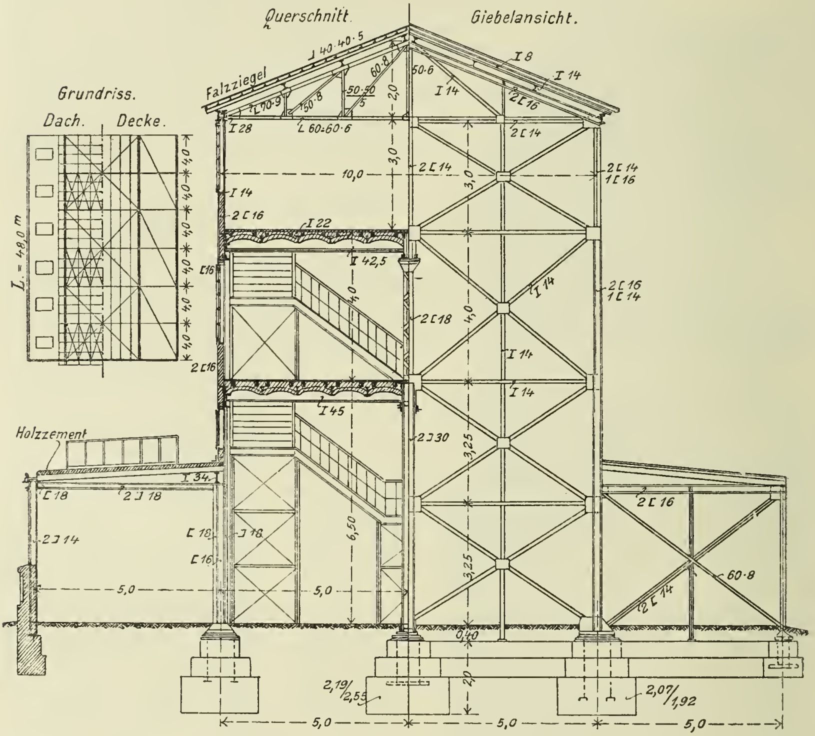
**) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1902, S. 314, Ausstellungshalle des bergbaulichen Vereins in Düsseldorf.

die Kräfte sicher in die Fundamente überführen. Fig. 1350 zeigt an dem Beispiel des Tischlerei-Gebäudes der Germania-Werft in Kiel einen vollständig ausgebildeten Fachwerkbau.*)

Gusseisen findet, wie schon erwähnt nur noch bei unvollständigen Fachwerkbauten, d. h. solchen Verwendung, die nur aus Stützen mit zwischengespanntem Mauerwerk bestehen (z. B. bei Markthallen). Die Fig. 1351a und b giebt Querschnittsformen solcher Stützen, deren Ausbildung natürlich ganz der Architektur des Bauwerkes angepasst werden kann.

Die Fachwerkbauten ruhen entweder auf einem durchgehenden massiven Sockel auf, oder die einzelnen Pfosten sind für sich gegründet. Letzteres ist bei

Fig. 1350. Tischlereigebäude der Germania-Werft in Kiel.



stärkerer Belastung derselben und bei schlechterem Baugrunde stets der Fall. Meist liegt auf dem Sockel eine durchgehende Schwelle aus ⊔ oder H Eisen, die bei ganz sicherem Untergrund auch wegfallen kann, bei sehr schlechtem Untergrund und Einzelgründung der Stützen dagegen als Träger ausgebildet werden muss, damit sie die auf ihm ruhende Last der Feldausmauerung usw. tragen kann. Die Schwelle ist in den ersten Fällen meist nur mit Steinschrauben auf dem Sockel zu befestigen. Stärkere Verankerungen sind nur ausnahmsweise erforderlich. Die Pfosten bestehen aus I oder ⊏ Eisen in einfacher oder zusammengesetzter Form, je nach der Belastung, bei ganz leichten Zwischenmauern wohl auch nur aus L bezw. ⊢ Eisen, Fig. 1352, bei sehr schwerer

*) Vergl. ausserdem Dtsche. Bauztg. 1902, S. 309, den schön ausgebildeten Fachwerkbau der Gute Hoffnungshütte, ebenfalls auf der Düsseldorfer Ausstellung.

Belastung und an den Ecken werden häufig genietete oder kastenförmige, Fig. 1353, bei verputzten Bauten auch durchmauerte Querschnitte (vergl. S. 557) angewendet. Eckausbildungen sind ferner in den Fig. 1354—1356, Anschlüsse von Zwischenwänden in Fig. 1357 dargestellt. Die Pfosten gehen

Fig. 1351 a und b.

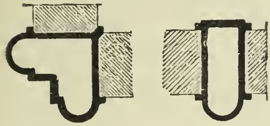


Fig. 1353.



Fig. 1358 a—c.

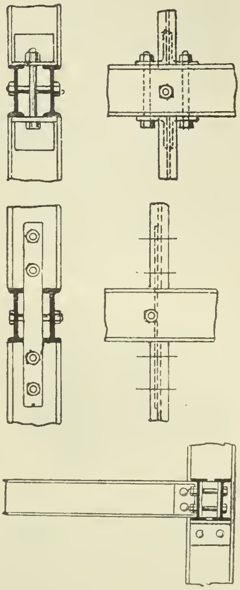


Fig. 1355

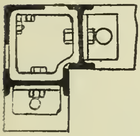


Fig. 1352.



Fig. 1356.

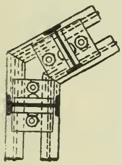


Fig. 1357.



Fig. 1354.

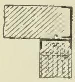
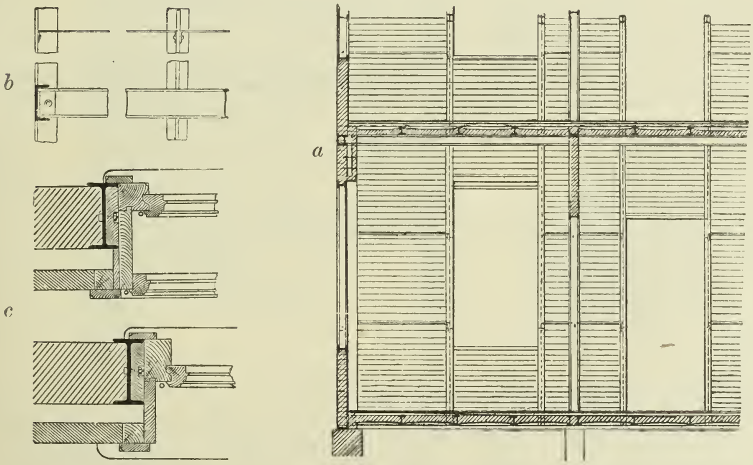


Fig. 1359 a—c.



entweder durch mehrere Stockwerke ungestossen hindurch, in diesem Falle werden zur Auflagerung der Decken-Balken ⊏ oder ⅃ Eisen seitlich angebolzt, oder sie werden gestossen. In letzterem Falle werden die Rahmhölzer der Geschossdecken eingeschoben, wie Fig. 1358 a—c zeigt. Die Enden der Pfosten sind dann durch Laschen oder Bolzen mit einander zu verbinden. Die Rahmen bestehen ebenfalls

aus ⊏ bezw. I Eisen, die Riegel desgl., falls sie bei grösserer Fachweite eine Aussteifung der Stützen bezwecken. Bei Fachen, bis 1,2 m Weite ist dies nicht erforderlich, es reichen dann Rund-, Quadrat- oder besser Flacheisen aus, welche das Mauerwerk in Abschnitten von etwa 1 m Höhe aussteifen sollen und mit ihren aufgebogenen Enden an den Pfosten befestigt werden.

Für die Schwellen, Pfosten, Rahmen gegebenenfalls auch Riegel, bei 1/2 Stein starker Ausmauerung müssen mindestens Normalprofile Nr. 14 gewählt werden, um das Mauerwerk mit den Flanschen umfassen zu können. Die sichtbaren Eisentheile sind mit

Fig. 1360.

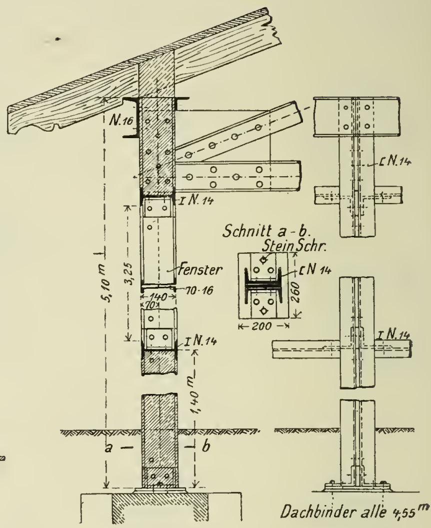


Fig. 1361 b.

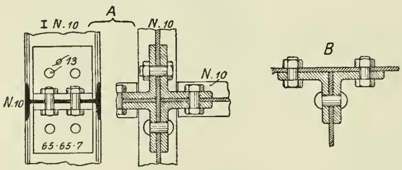
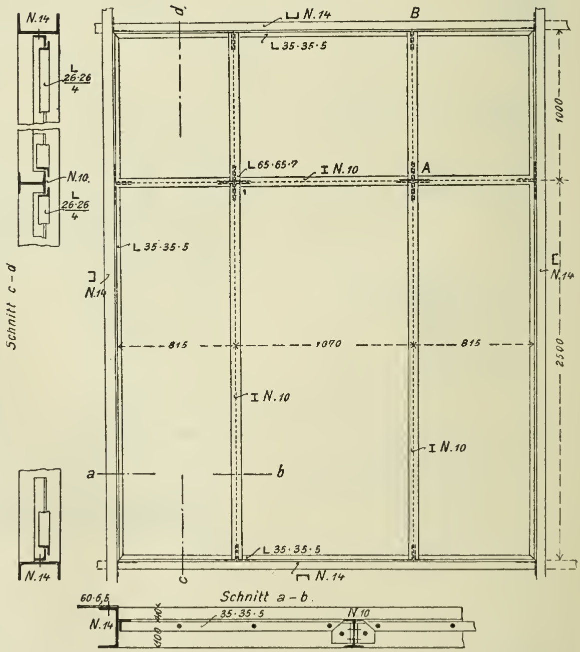


Fig. 1361 a.



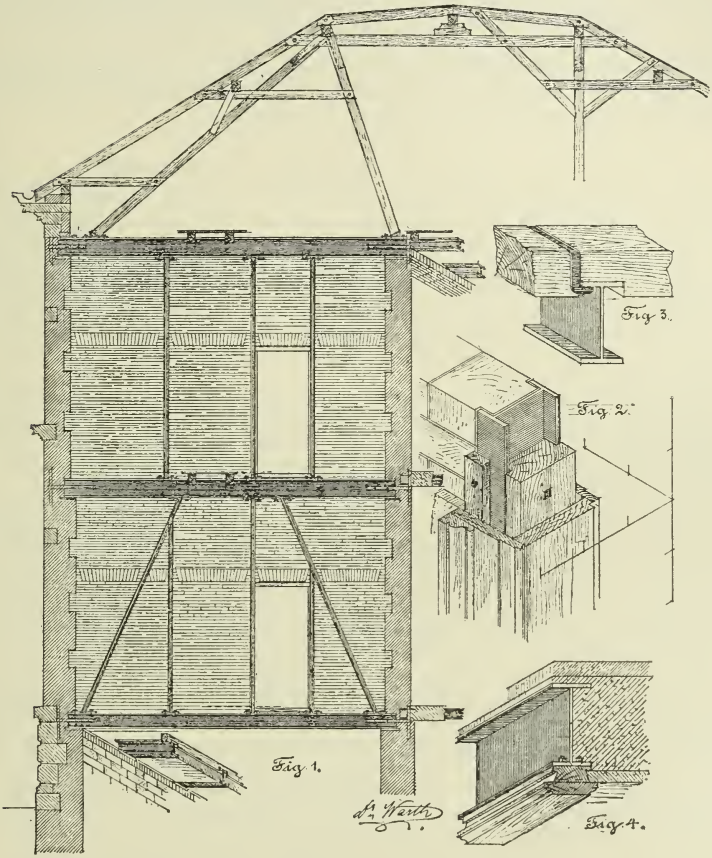
Oelfarbe zu streichen, da wo das Mauerwerk oder der Beton sie berühren soll, der innigen Verbindung wegen dagegen besser ungestrichen zu lassen. Die Fugen an den Flanschen sind bei besseren Ausführungen zu verkitten. Um einen dichten Anschluss des Mauerwerkes am oberen Abschlussrahmen (der bei kleinen Bauten oft wegfällt) zu erreichen, sind die flachliegenden I oder ⊓ Profile zu durchbohren, sodass der Hohlraum unter ihnen mit Zementmörtel vergossen werden kann.

Fig. 1359 a—c zeigt die Ausbildung eines einfachen Fachwerkbaues ohne Verstrebung mit einigen Einzelheiten, Fig. 1360, das Fachwerk eines kräftiger konstruirten Schuppenbaues (Lagerschuppen der Fabrik Ludw. Loewe in Berlin), Fig. 1361 a und b die Ausbildung eines Fensters nebst den Einzelheiten aller

Verbindungen. Die Verbindungsweise der Pfosten und Riegel, wie sie Fig. 1361b darstellt, entspricht übrigens der für die Fachwerkkonstruktion selbst üblichen. Mitunter werden für die Kreuzungspunkte der letzteren auch Knotenbleche, die sich dann auch architektonisch verwerthen lassen oder gusseiserne Schuhe verwendet. Als Anschlag der Fenster und Thüren dienen, wie in Fig. 1361a dargestellt ist, an den Pfosten und Riegeln angenietete L Eisen.

Bei stärker belasteten Fachwerkbauten mit grösseren Angriffsflächen für den Wind sind Verstrebungen unvermeidlich. Sie werden mitunter auch durch C bezw. I Profile gebildet, was aber für die Ausmauerung der Fache störend ist.

Fig. 1362. Vom elektrotechnischen Institut in Karlsruhe.
Konstruktion der auf dem Hohlen stehenden Scheidewände.



Es werden daher häufig gekreuzte Flacheisen - Diagonalen verwendet, die sich ausserhalb der Mauerfläche auflegen lassen, wie dies Fig. 1350 zeigt.

Fachwerkwände werden, falls es sich nicht um vorübergehende Bauten oder untergeordnete Räume handelt, im Inneren häufig verputzt, $^1/_4$ Stein stark verkleidet, mit Mauerkonstruktion oder anderem ausgekleidet. Bleibt das Fachwerk innen unverhüllt, so schlägt sich an den Eisentheilen bei plötzlicher Abkühlung im Inneren leicht Feuchtigkeit nieder. Auch im Aeusseren werden die Fachwerke mitunter verputzt. Das Mauerwerk ist dann möglichst an den Flanschen etwas vorzusetzen, damit der Putz auf den Eisenflächen etwas stärker ausfällt

und mit Ziegelsteinbrocken gespickt werden kann, um grössere Festigkeit zu erlangen. Ist dies nicht angängig, so sind die Flanschen mit Draht zu bespannen. Gut ist es, die Drähte mit Stückchen von Dachziegeln usw. etwas vom Eisen abzudrängen.

Als ein Vorzug der Eisenfachwerkwände war schon erwähnt worden, dass dieselben sich leicht so ausbilden lassen, dass sie auf grössere Entfernungen freitragen. Die Pfosten, Streben und Riegel werden dann so zusammengestellt, dass sprengwerk- oder hängewerkartige Gebilde entstehen. Bedeutende Ausführungen dieser Art finden sich im Hôtel Kaiserhof in Berlin.*) Ein neues Beispiel ist in Fig. 1362 vom elektrotechnischen Institut der Technischen Hochschule in Karlsruhe dargestellt, unter Angabe aller Einzelheiten der Konstruktion. Verwendet sind hier durchweg I No. 12. Die Kosten der Wand stellen sich für 1 qm nur unwesentlich höher als eine 1 Stein starke Wand (4,6—5 M. in Karlsruhe).**)

Für den Putz solcher Wände ist es, um Rissebildung und Abfallen desselben infolge ungleicher Ausdehnung der Binder bezw. Streben zu vermeiden, erforderlich, ein Drahtnetz als besonderen Putzträger auszuspannen.

c. Fachwerke mit Wellblech-Ausfachung.

Neben der Ausmauerung der Fache kommt besonders häufig der Schluss derselben mit Wellblech in Anwendung. Wird zu dem Zwecke „flaches“ Wellblech verwendet, d. h. solches, bei welchem die Wellenbreite das doppelte und mehr der Höhe beträgt, so ist die Ausbildung des konstruktiven Gerüstes die gleiche, wie schon beschrieben; wird dagegen „Trägerwellblech“ benutzt, bei welchem die Wellenhöhe nahezu gleich oder auch grösser als die Wellenbreite ist, das demzufolge also eine erheblich grössere Seitensteifigkeit besitzt, so kann sich das Gerüst auf Schwellen und Rahmen, Eckpfosten und Einfassung der Wandöffnungen beschränken.

Wellblech kommt in mannigfachen Abmessungen und Stärken in den Handel. Es wird in dieser Beziehung auf die späteren Mittheilungen im Kapitel XIII, „Dachdeckungen in Metall“ verwiesen.***) Ferner sei an dieser Stelle auch hingewiesen auf Kapitel XVII, Bauten in vollständigem Eisenfachwerk und in Wellblechkonstruktion. Erwähnt sei hier nur, dass das Wellblech schwarz, verzinkt, verbleit und gestrichen in den Handel kommt. Am dauerhaftesten ist das verzinkte Eisen-Wellblech. Zink-Wellbleche sind weniger widerstandsfähig gegen angreifende Kräfte und Feuer, ausserdem stärker beeinflusst durch Temperaturwirkungen. Die zu wählende Stärke hängt natürlich ab von der Fachgrösse. Bei flachem Wellblech ist 1 mm ein häufig angewendetes Maass. Trägerwellbleche kommen bei Wandbildungen in Stärken von 1—2 mm zur Anwendung und wohl selten in grösserer Wellenhöhe als 100 mm.

Bei kleineren Bauten können die Pfosten aus L oder ⊥ Eisen hergestellt werden, bei sehr grossen Ausführungen können aber auch zusammengesetzte Konstruktionen infrage kommen. Das Wellblech wird mit den Wellen stehend verwendet. An den lothrechten Stössen überdecken sich die Bleche um $^1/_2$ Wellenbreite und werden mit einander vernietet. An den wagrechten Stössen werden entweder nach Fig. 1363 ⊏ Eisen als Riegel zwischen die Pfosten eingelegt, mit deren Flanschen die Bleche vernietet werden können, oder es werden nach Fig. 1364 die Blechtafeln etwa 80 mm übereinander geschoben und unter sich vernietet, wobei der versteifende Riegel seitlich neben dem Blech liegt. Die Blechhaut wird aber besser nicht eingeschoben, sondern aussen um das Gerippe gelegt, das dann vollständig geschützt ist. Es wird auch zweckmässiger Weise nicht ein Vernieten der ganzen Wandfläche vorgenommen, sondern es werden nach den Fig. 1365 Haken, oder nach den Fig. 1366 a und b Hakenschrauben, letztere namentlich für den oberen Rahmen, verwendet, wobei die wagrechten

---

*) Vergl. Zeitschr. f. Bauwesen 1877, S. 163—167.

**) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1898, S. 505 u. ff.

***) Vergl. hierzu auch die dem Deutschen Baukalender Th. II angehefteten Tabellen zahlreicher Firmen.

Wellblechstösse unter sich vernietet werden. Die Wellblechwand kann sich dann innerhalb gewisser Grenzen frei ausdehnen. Bei überseeischen Bauten werden die Wellblechtafeln am besten in fester Umrahmung vernietet geliefert, sodass dann die einzelnen Theile nur noch durch Bolzen zusammenzusetzen sind. Eine einfache Eckausbildung an Wellblechwänden ist in Fig. 1367 dargestellt.

Die Entfernung der Riegel hat sich hiernach, soweit nicht Wandöffnungen ihre Lage bestimmen, nach der Länge der Wellblechtafeln zu richten. Schwache Bleche sind dabei gegebenenfalls in Abständen von 2 m durch Zwischenriegel aus L oder C Eisen auszusteifen. Als Schwelle genügt häufig ein L Eisen, namentlich wenn ein gemauerter Sockel vorhanden ist. Es werden aber auch Z und U Eisen verwendet. Im letzteren Falle ist entweder durch Lochen des liegenden Steges für Entwässerung zu sorgen, oder es wird der Raum zwischen den Wellen und den Flanschen mit Asphalt ausgegossen. Bei leichten, transportablen Bauten fällt der Sockel häufig ganz fort, oder es findet nur eine Unterstützung an den Ecken statt. Werden die Schwellen und Rahmen aus Gründen der Tragfähigkeit

Fig. 1363.



Fig. 1364.



Fig. 1365.

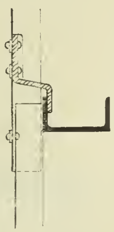


Fig. 1366 a und b.

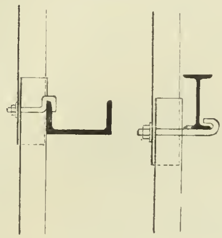


Fig. 1367.

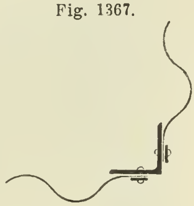
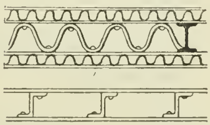


Fig. 1368 a und b.



aus stehenden I oder C Eisen hergestellt, so müssen Winkeleisen angenietet werden für den Anschluss des Wellbleches.

Wände mit Doppelwellblech-Verkleidung werden häufig angewendet, wenn es sich um den Schutz gegen strahlende Wärme (also auch um Kälte) handelt. Es ist dabei Folgendes zu beachten:

1. Es müssen die sämmtlichen Pfosten und anderen Verbindungen sowie die Bleche von möglichst geringer Stärke gewählt, also „geschlossene Eisenmassen" möglichst vermieden werden.

2. Müssen die Bleche oben und unten genügend weite Oeffnungen haben, um dem Wechsel der eingeschlossenen Luft keinen erheblichen Widerstand zu bereiten.

3. Es dürfen keine sperrenden Zwischenkonstruktionen angewendet werden, welche den Luftzug erheblich beeinträchtigen.

Demnach müssen Verriegelungen als Gitter nach Fig. 1368 a gebildet, oder mit Stehbolzen bezw. mit ⌐L Winkeln nach Fig. 1368 b hergestellt werden.

Bei grosser Hitze müssen die untere Innen- und die obere Aussenöffnung unverschlossen sein, damit die kühlere Luft, zwischen den Blechen aufsteigend, die Wirkung der Strahlung aufhebt.

Bei grosser Kälte muss, umgekehrt, die obere Innen- mit der unteren Aussen-Oeffnung frei sein, so dass die wärmere Luft ihre Wärme an die Wandung abgiebt.

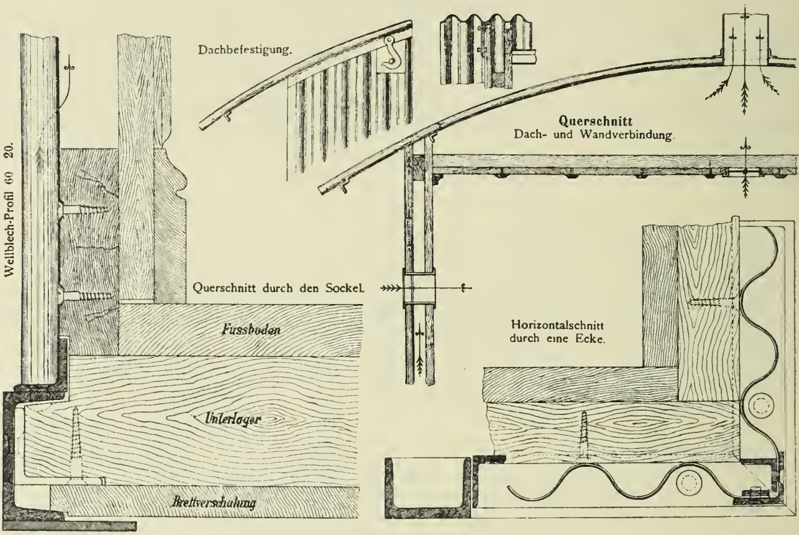
Aehnliches ist bei der Ausführung von inneren Verkleidungen aus Holz oder dünnen Gips- und Zementtafeln usw. zu beachten, auch bei doppelt ausgemauerten Fachwänden.

Ein gutes Beispiel dieser Art giebt die Konstruktion einer transportablen Wellblechbude (Bahnwärter, Bauwächter usw.) mit einer Holzverschalung, wie

sie von der Eisenbau-Akt.-Ges. Tillmanns in Remscheid ausgebildet ist, vergl. Fig. 1369. Die Abbildung bedarf einer weiteren Erläuterung nicht.

Will man Wellblech verputzen, so ist Belattung, Berohrung, Ueberspannung mit Drähten oder ein vollständiges Drahtnetz zuhilfe zu nehmen. Bei freitragenden Wänden, die als Hänge- bezw. Sprengwerk ausgebildet werden, ist, wenn der Putz haltbar sein soll, das als Putzträger dienende Drahtgewebe über die Flanschen der Streben usw. hinweg zu spannen. Zwischenwände aus Well-

Fig. 1369.



blech, die verputzt werden sollen, werden, um dem Mörtel Halt zu geben, aufgehauen, oder es werden einzelne Zungen in den Wellenbergen eingestanzt und aus der Fläche herausgebogen, an denen sich dann Drähte befestigen lassen.

Freitragende Wände aus Trägerwellblech bedürfen im übrigen der Ausbildung als Hänge- und Sprengwerke nicht. Wird das Blech mit dem oberen und unteren Rahmen vernietet, so wirkt die Wand als ein Träger von der Wandhöhe, bezw. wenn sich Thüröffnungen darin befinden, von der Höhe des über der Thür verbleibenden Streifens.

d. Fachwerk mit Ausfachung durch ummörtelte Zerrbleche.

Weder ebene noch Wellbleche lassen sich ohne besondere Vorkehrungen putzen, da der Mörtel an ihnen keinen Halt findet. Schlitzt man dagegen solche Bleche durch parallele Einschnitte auf und zerrt ein so vorbereitetes Blech dann in der Längsrichtung auseinander, so entstehen fest zusammenhängende Flechtwerke, die dem Mörtel guten Halt geben und die ausserdem eine erheblich höhere Seitensteifigkeit besitzen, als die Bleche vor dieser Bearbeitung.

In den Fig. 1370—1373 sind derartige Zerrbleche in verschiedenen Formen dargestellt, wie sie namentlich in Amerika und England in ausgedehntem Maasse und gutem Erfolge in Anwendung gekommen sind: Fig. 1370 ist der Grundtypus aller dieser Konstruktionen; die Ausbildung nach Fig. 1371 aus dünnem Blech dient als Putzträger bei Fachwerkwänden, bei Holzdecken usw., während die Formen Fig. 1372 u. 1373 in Amerika in Verbindung mit Zementmörtel-Umhüllung etwa die Rolle unserer Monierkonstruktionen spielen. Besonders ausgedehnter Anwendung erfreut sich jetzt das „Streckmetall“, vergl. Fig. 1026, S. 433, das seitens der Firma Schüchtermann & Kremer in Dortmund, auch in Deutsch-

land erfolgreich eingeführt ist, nachdem die älteren Ausführungen dieser Art sich keinen rechten Eingang haben verschaffen können.

Wird von den Wänden eine besonders hohe Steifigkeit verlangt, so ist diese dadurch leicht zu erzielen, dass Rund-, Quadrat- oder kleine Profileisen durch

Fig. 1370.

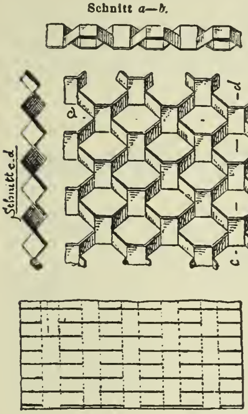


Fig. 1371.

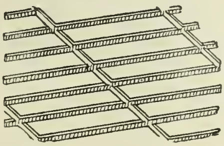


Fig. 1373.

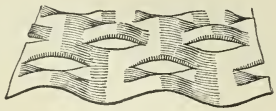
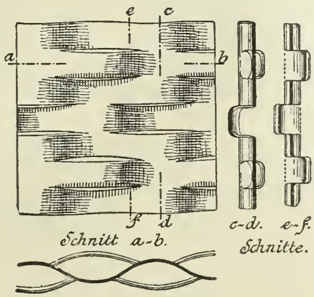


Fig. 1372.



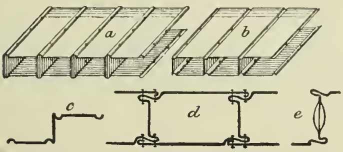
die Schlitze der Zerrbleche durchgesteckt werden.

Derartig hergestellte Wände sind nicht nur als unbelastete Zwischenwände benutzbar, sondern können auch als tragende Wände ausgebildet werden. Sie gehören dann in das neue grosse Gebiet der Betoneisenkonstruktionen, bezügl. deren auf den Hauptabschnitt IV, Seite 451 ff. verwiesen wird.

e. Fachwerk aus kastenförmig gefalzten Dünnblechen (Doppelwandbleche) ohne Stiel- und Rahmwerk.

Zur leichten Herstellung von Baracken und anderen ohne Beihilfe von ausgebildeten Handwerkern zu errichtenden, leicht wieder in wohlerhaltene Theile zerlegbaren Bauwerken, wie sie oft zu Lagerzwecken der Truppen, bei Ausführung grosser Bauten und namentlich zu Kolonialzwecken (woher der Name „Kolonialbleche") erforderlich sind, eignen sich besonders Konstruktionsformen, welche sowohl zum Aufbau der äusseren als inneren Wände nebst ihren Ecken, sowie zu Decken und Dächern aus nur einem einzigen Formenschema des Materials, ohne weitere Bearbeitung sich zusammenfügen lassen.

Fig. 1374.



Als solches die vornehmlichste Rolle zu spielen, waren die von de la Sauce & Kloss hergestellten Doppelwandbleche, Fig. 1374a und b, bestimmt, von welchen *a* nach aussen, *b* dagegen nach innen gewendete runde Nietfalze besitzen. Sie werden in verschiedenen Längen und Blechstärken hergestellt. Die Mängel, welche dieser Profilform indess anhaften, sind:

1. dass die Bleche sich nicht ineinander schieben lassen, daher als „Sperrgut" hohe Frachtkosten verursachen,
2. dass die Arbeiter sich an den ungesäumten Kanten der Bleche leicht verletzen,
3. dass die einseitige Vernietung nicht genügend widerstandsfähig ist und
4. dass beim Ab- und Wiederaufbau die Nietfalze leicht abbrechen.

Die neuere Form, Profil *c*, vermeidet den ersten, dagegen nicht die unter 2—4 angeführten Mängel.

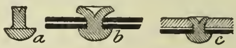
Gänzlich vermieden sind alle hervorgehobenen Mängel bei dem Profil *d*, welches freilich einen grösseren Materialaufwand erfordert, dafür aber einen ausserordentlich hohen Widerstand infolge wechselweiser doppelreihiger Nietung ergiebt. Der noch etwas schwache Steg kann durch leichte Buckelung nach zwei Seiten, nach Profil *e*, erheblich verstärkt werden.

Im Anschluss hieran sei hervorgehoben, dass derartige Arbeiten, welche nicht von gut durchgebildeten Arbeitern ausgeführt werden können, meist von Leuten geleitet werden müssen, welchen Kenntniss der Handwerkstechnik abgeht; dann ist es zweckmässig, von doppelköpfiger Nietung abzusehen, weil in der Regel die Köpfe bis zum Bruch angetrieben werden, oder das Blech vom Nietkopf durchgescheert wird. Es ist weit zweckmässiger, dafür sogen. Spaltniete, Fig. 1375 A *a* und *b*, zu verwenden, oder Punzniete nach Fig. 1375 B *a* und *b*, welche beide, aus weichem Eisen oder Stahl hergestellt, erstere durch den Hammerbiss, letztere durch einen Punzen auseinandergetrieben, sich derart härten, dass sie genügende Scheerfestigkeit erreichen, worauf sie in der Regel allein inanspruch genommen werden.

Fig. 1375 A.



Fig. 1375 B.



Punzniete sind vor allem da zweckmässig zu verwenden, wo ein schwaches Blech an stärkerer Rippe (diese mit versenktem Nietkopf) befestigt werden soll und der Nietkopf unter Umständen unwillkommen sein würde, Fig. 1375 B *c*.

X. Decken-Konstruktionen.

a. Ueberdeckung von Wandöffnungen.

Die Ueberdeckung von Wandöffnungen mithilfe von Eisen oder durch Eisen allein, tritt überall da ein, wo man aus Mangel an Höhe oder Widerlager mit massiven Bogenkonstruktionen nicht auskommt.

Kleine Oeffnungen mit geringen Belastungen können unter Zuhilfenahme des Eisens durch Steinbalken überdeckt werden, in denen das am Untergurt eingelegte Eisen die Zugspannungen aufnimmt. Solche Steinbalken lassen sich in verschiedener Form nach Maassgabe der im Hauptabschnitt III, S. 135 u. ff.,

Fig. 1376.

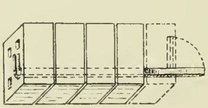
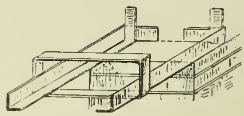


Fig. 1377.



Fig. 1378.



aufgeführten ebenen Deckentypen herstellen. Fig. 1376 zeigt eine einfache derartige Ausführung für einen Fenstersturz mit Lochsteinen, durch deren Oeffnungen Rund- bezw. Quadrateisen durchgezogen sind, die mit den aufgebogenen Enden vermauert werden. Das Ganze ist mit Zementmörtel zu vergiessen. Auch scheitrechte Bögen lassen sich auf diese Weise durch untergelegte Flacheisen verstärken, Fig. 1377. Für breitere Mauern und grössere Spannweiten eignet sich die Ausführung nach Fig. 1378, bei welcher ∟ Eisen durch Bandeisenringe verbunden in Zementmörtel ausgerollt werden. Auch kleine, miteinander verbolzte **I** Eisen sind in dieser Weise verwendbar.

Für grössere Spannweiten und starke Belastung sind schliesslich Betoneisenbalken zu benutzen, bezüglich deren Ausbildung auf den Hauptabschnitt IV, Fig. 1099, S. 466, verwiesen wird. Ihre Anwendung wird natürlich nur dann Platz greifen, wenn auch die Zwischendecken in gleicher Weise hergestellt sind, oder wenn es sich um einen vollständigen Betoneisenbau handelt.

Grössere Wandöffnungen, Schaufenster usw. werden in der Regel mit eisernen Trägern überspannt. Die früher viel verwendeten Gusseisenträger und Eisen-

bahnschienen sind jetzt durch den gewalzten I Träger fast ganz verdrängt. Im übrigen sind auch ⊐ und ⌉_ Eisen u. Umst. mit Vortheil verwendbar. Genietete Träger kommen nur bei sehr grossen Belastungen und Spannweiten, z. B. zur Unterstützung massiver Zwischenwände, vor.

In den meisten Fällen wird man mit einem Träger nicht auskommen, sondern sich zweier oder mehrerer nebeneinander liegender, gekuppelter Träger bedienen müssen, die zur Erzielung grösserer Seitensteifigkeit, um Schiefstellung und bei Ausmauerung ein Auseinanderdrängen zu verhindern, mit einander verbunden werden, was auf verschiedene Weise erfolgen kann. Werden die Träger ausgemauert oder mit Beton ausgefüllt, so genügt eine Verklammerung nach Fig. 1379, eine Verbindung mit Bolzen, oder ein Umlegen von Bändern nebst Ausspreizung nach Fig. 1380a—c. Anstelle einer Verbindung der gekuppelten Träger mittels

Fig. 1379.

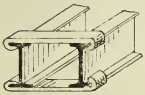


Fig. 1381 a u. b.

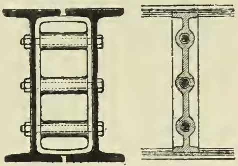


Fig. 1383.

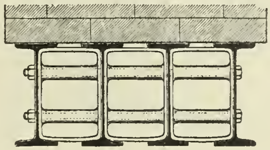


Fig. 1380 a, b und c.

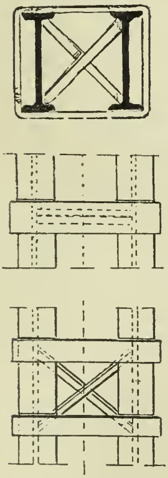


Fig. 1382.

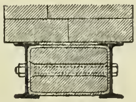


Fig. 1384.

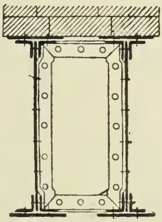
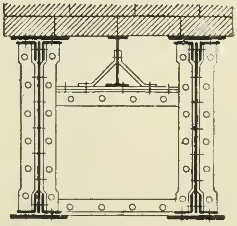


Fig. 1385.



einzelner Stehbolzen, tritt besser die Aussteifung mit in etwa 2 m Entfernung eingelegten Gusseisenklötzen und Bolzen nach Fig. 1381a und b, 1382 und 1383.

Genietete Träger werden nach den Fig. 1384 u. 1385 ausgebildet. Für gewöhnlich sind zwei durch versteifende Querrahmen verbundene Träger ausreichend. Bei starken Mauern kann auf die Querversteifung noch ein Zwischenträger aufgelegt werden. Die Querversteifungen sind im doppelten Abstande, der die Blechwand aussteifenden ⌉ anzubringen. Zweckmässigerweise wird auch an den Trägerenden eine solche Querversteifung ausgeführt, wenn diese nicht eingemauert sind. (Bezüglich der Konstruktion der genieteten Träger, Blech- und Gitterträger vergl. den nächsten Abschnitt b.)

Die Träger werden im allgemeinen in gleicher Höhe nebeneinander verlegt, da sich dann die Querversteifungen am besten anbringen lassen. In Frontmauern werden sie dabei in die Höhe der Balkendecken gerückt, sodass deren Balken ein unmittelbares Auflager an ihnen finden. Bei Schaufenstern ist dann noch ein tiefer liegender Träger zur Verdeckung des Rollkastens erforderlich, der nur die Blendmauer trägt.

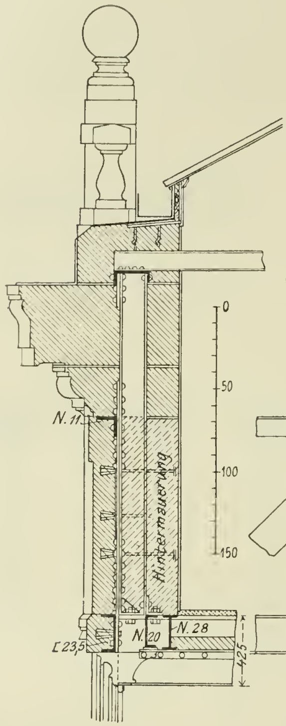
Bei starken Mauern und nach Aussen stark erweiterten Fenstern, z. B. bei Fabriken, wird man übrigens oft genöthigt sein, die Träger in verschiedener Höhenlage, entsprechend der Profilirung des Fenstersturzes, einzubauen.

Liegen mehrere Oeffnungen nebeneinander, nur getrennt durch schmale Zwischenpfeiler, so lässt man die Balken vortheilhafter Weise kontinuirlich durchlaufen, wodurch an Höhe der Träger und Eisen gespart werden kann.

Die Träger sind an den Enden mit Zementmörtel einzumauern, bei grösseren Spannweiten auf Auflagersteine bezw. -Platten zu verlegen. Will man feuersichere Konstruktionen haben, so sind sie nach früherem zu umhüllen oder zu ummauern. Nicht umhüllten Trägern ist entsprechende Gelegenheit zur Ausdehnung unter dem Einfluss der Temperaturerhöhung an den Enden zu geben. Um augenfällige Durchbiegung der Träger zu vermeiden, ist denselben eine Höhe nicht unter $^1/_{20}$ der freien Spannweite zu geben.

Vergleiche übrigens auch die Fig. 1306 u. 1307, S. 546—547 und Fig. 1324, S. 553, in welchen Ueberdeckungen von Wandöffnungen mit enthalten sind.

Ein sehr interessantes Beispiel einer Wandöffnungsüberdeckung von aussergewöhnlicher Spannweite bietet das Waaren-



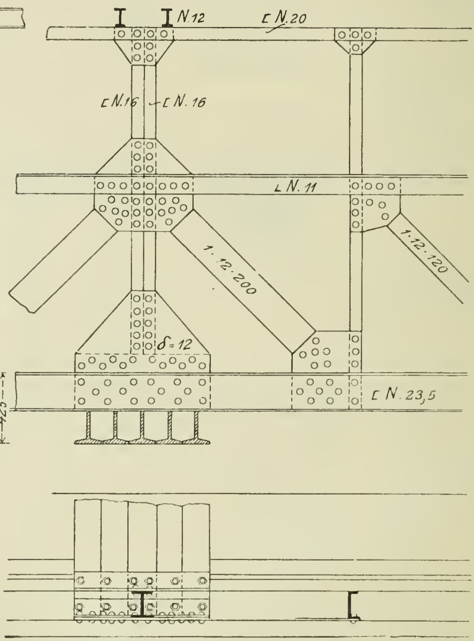


Fig. 1386 a, b und c.
Unterstützung
des Hauptgesimses am
Waarenhaus Tietz
in Berlin.

haus Tietz in Berlin (Ingenieur Baurath E. Cramer in Berlin). Den Architekten (B. Sehring & Louis Lachmann in Berlin) war es darum zu thun, besonders grosse, ungetheilte Schaufensterflächen zu gewinnen. Die eigentliche tragende Frontmauer ist daher 2 m hinter die Flucht gerückt. Die 68 m lange Fassade besitzt nur ein Mittel- und je ein massives Eckrisalit, zwischen denen zwei nur durch die Sprossen getheilte je 26 m breite Schaufenster liegen. In der gleichen Spannweite musste das massive Hauptgesims unterstützt werden, was durch einen Fachwerkträger geschah, der sein Auflager findet auf gewalzten Trägern, die über die massive Frontwand 2 m vorkragen und natürlich nach hinten entsprechend verankert sind. Die Konstruktion ist aus Fig. 1386 a—c ersichtlich.

b. Unterzüge.

Die im vorigen Abschnitt beschriebenen Konstruktionen zur Ueberdeckung von Wandöffnungen sind imgrunde genommen ebenfalls Unterzüge. Im engeren Sinne versteht man darunter jedoch Balkenkonstruktionen, welche dazu dienen, den Deckenbalken zwischen den Auflagern auf den Umfassungswänden eine Zwischenstützung zu geben, sodass diese infolge verkürzter Spannweite leichter und billiger ausgebildet werden können, weniger durchbiegen und unter dem Einflusse von Erschütterungen weniger schwanken.

Für diese Unterzüge gilt im wesentlichen das, was schon in Abschnitt a gesagt ist. Die **I** Form ist für sie die zweckmässigste, sowohl was Tragfähigkeit wie Materialausnutzung betrifft, doch können natürlich besondere Verhältnisse auch andere Querschnitte fordern. Am häufigsten ist der einfache Walzträger und zwar in einfacher oder gekuppelter Form, für grössere Spannweiten und Lasten wird daneben der genietete Träger und zwar entweder einfach oder als Kastenträger und schliesslich der Gitter- und der Fachwerkträger verwendet. Letztere sind in unverhülltem Zustande, jedoch wegen der grossen Angriffsfläche, die sie dem Feuer bieten, nur bei solchen Gebäuden zu empfehlen, die nur wenig brennbares Material enthalten.

Wenn die nöthige Lichthöhe vorhanden ist, so können die Deckenbalken auf den Unterzügen aufgelegt werden. Es bietet das den Vortheil, dass die eigentliche Deckenkonstruktion als zusammenhängende Platte über die Unterzüge weggestreckt werden kann. Die Deckenbalken können ausserdem, falls sie ungestossen über die Unterzüge fortgehen, also durchlaufend (kontinuirlich) sind, leichter gehalten werden, da die Beanspruchung eine günstigere ist. Allerdings wird die Berechnung in diesem Falle infolge der Durchbiegung der Unterzüge eine unsichere, sodass man die Deckenbalken gewöhnlich doch nur als Balken auf zwei Stützen bemisst. Vortheilhaft ist die freie Lage der Unterzüge u. Umst. in Fabriken, da sie die Anbringung von Transmissionen usw. erleichtert.

Sind feuersichere Konstruktionen erforderlich, so ist es jedoch vortheilhafter, die Deckenbalken zwischen die Unterzüge zu legen, da letztere dann ganz oder theilweise in der Decke verschwinden, also schon durch diese zum grössten Theil geschützt werden. Die frei heraustretenden Theile sind dann noch besonders zu umhüllen, vergl. hierzu Fig. 1047, S. 444. In Wohnhäusern, wo es sich meist um möglichste Höhenausnutzung handelt, versteht sich die Verlegung der Unterzüge in die Deckenstärke von selbst, falls nicht der hervortretende Unterzug gleich architektonisch zur Theilung der Deckenfläche verwerthet werden soll. Diese Konstruktionsweise ergiebt ausserdem steifere Decken.

Eiserne Unterzüge werden häufig zur Verankerung der Gebäudemauern benutzt. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass solche Verankerungen bei einem Brande den Umfassungsmauern insofern Gefahr bringen können, als die Träger diese durch ihre Ausdehnung nach aussen umwerfen, bei sehr grosser Hitzeentwicklung, die ein Zusammensinken der Eisenkonstruktion zurfolge hat, auch nach innen umreissen können. Dagegen schützt auf alle Fälle die feuersichere Umhüllung der Eisenkonstruktion. In Gebänden, die wenig brennbare Stoffe enthalten, ist auch bei nicht geschützten Konstruktionen eine Verankerung zulässig. Es ist dann jedoch längeren Trägern vor Kopf die nöthige Bewegungsfreiheit zu lassen, auch sind u. Umst. die Anker mit ovalen Bolzeneisen anzuschliessen. Feste Verankerungen sind aber zulässig, wenn diese so hoch angreifen, dass die Mauern ohne Ueberanspruchung die nöthigen seitlichen Bewegungen machen können. Als Ausdehnungskoeffizient ist für Eisen und Stahl 0,0000123 für 1^0 C. anzusetzen. Da bei grossen Schadenfeuern Temperatur-Schwankungen bis 600^0 C. angenommen werden können, so würde sich die grösste Ausdehnung auf $^7/_{1000}{}^t$ der Trägerlänge stellen.

Bezüglich der Ausbildung der Verankerung vergl. übrigens Kapitel V, S. 510—512.

α. Gewalzte I Träger.

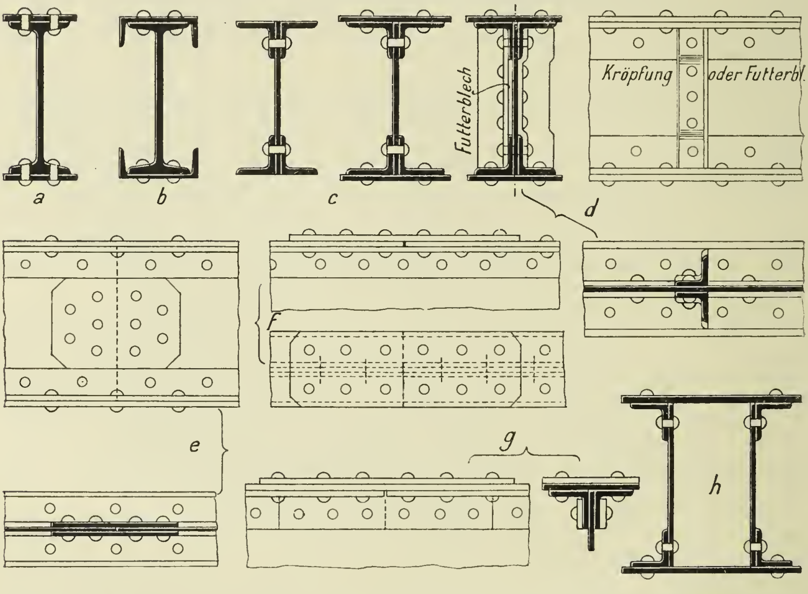
Bezüglich derselben kann auf den vorhergehenden Abschnitt a verwiesen werden. Um zu grosse und sichtbare Durchbiegungen und Schwankungen zu ver-

meiden, ist die Höhe ebenfalls gleich mindestens $^1/_{20}$ der freien Länge zu wählen. Es entspricht das einer Durchbiegung von $^1/_{600}$ der Länge. Kommt man bei beschränkter Höhe mit den Normalprofilen nicht aus, so lässt sich durch Auflegung von Lamellen eine Erhöhung der Tragfähigkeit bei geringer Vermehrung der Höhe erzielen, Fig. 1387 a. Statt der Lamellen können auch ⊏ aufgelegt werden, Fig. 1387 b. Vortheilhafter sind dann jedoch die vollwandigen Blechträger.

β. Vollwandige oder Blechträger.

Die Blechträger in I Form bestehen mindestens aus dem Stehblech und vier Gurtwinkeln, Fig. 1387 c, denen zur Erhöhung der Tragfähigkeit in beiden Gurten eine oder mehrere Lamellen hinzugefügt werden können. Das meist 10 mm (mindestens 8 mm) starke Stehblech muss bei höheren Trägern gegen Ausbauchen unter dem Einfluss der Lasten (namentlich auch an den Auflagern) durch

Fig. 1387. Gewalzte I Träger und vollwandige oder Blechträger.



senkrecht aufgenietete L Eisen ausgesteift werden, die in etwa 1,5 m Entfernung anzubringen sind und mit Futterblechen oder gekröpft aufgenietet werden, Fig. 1387 d. Bei hohen starken Trägern ist die Aussteifung aus vier L herzustellen. Der Stoss des Stehbleches, der Lamellen und der Gurtwinkel ist in Fig. 1387 e, f, g dargestellt. Vergl. ausserdem Fig. 1177, No. 12 u. 15, S. 506. Wenn die Unterzüge Mauerwerk stützen, so sind die Nietköpfe des Obergurtes zweckmässig oben zu versenken.

Reichen einfache gekuppelte Träger nach Fig. 1381, S. 573, oder Blechträger nicht aus, so sind geschlossene Kastenträger zu wählen nach Fig. 1387 h, die bei geringerer Höhe auch aus ⊐ Eisen in Verbindung mit Lamellen hergestellt werden können.

Die zu verwendenden Nietstärken richten sich nach der Grösse und Stärke der Gurtwinkel; sie liegen zwischen 20 und 26 mm. Als Entfernung genügt in den meisten Fällen das 4—5 fache. Die kleinste zulässige Entfernung ist das $2^1/_2$ fache, die grösste das 6 fache. Die Nietreihen der Gurtwinkel und Lamellen werden gegeneinander versetzt, um eine zu grosse Querschnittsschwächung zu vermeiden.

γ. Gitter- bezw. Fachwerkträger.

Statt der vollwandigen Träger nimmt man aufgelöste, leichte Gitterträger in vielen Fällen aus architektonischen Rücksichten, schwerere Gitter- bezw. Fachwerkträger als Ersatz derselben für hohe Belastungen und grosse Spannweiten, bei denen Blechträger zu schwer und kostspielig würden.

Handelt es sich um sichtbare Unterzüge, bezw. um solche in ebenen Decken, so ist die Form der Parallelträger, wie sie in Fig. 1388a—e in verschiedenen Ausbildungen dargestellt ist, die übliche. Das Gitterwerk wird entweder nur von geneigten Stäben gebildet, die mindestens einen Winkel von 30⁰ mit den Gurten bilden müssen, oder aus geneigten und lothrechten Stäben. In Fig. a werden die lothrechten Pfosten auf Zug, die geneigten Streben auf Druck be-

Fig. 1388.

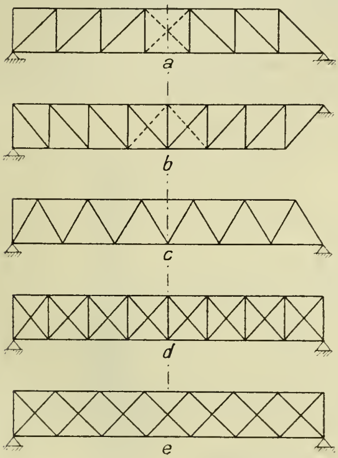


Fig. 1389. a b c

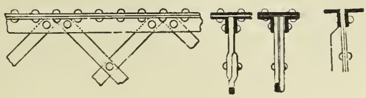


Fig. 1390.

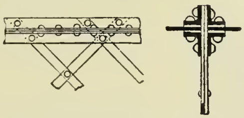


Fig. 1391.

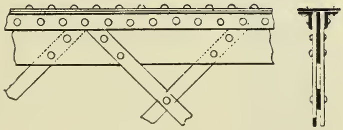


Fig. 1393—1395.

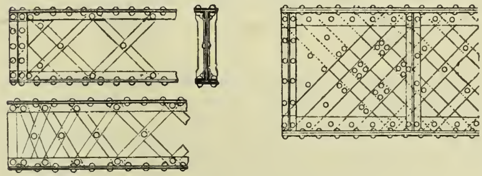
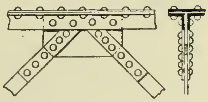


Fig. 1392.



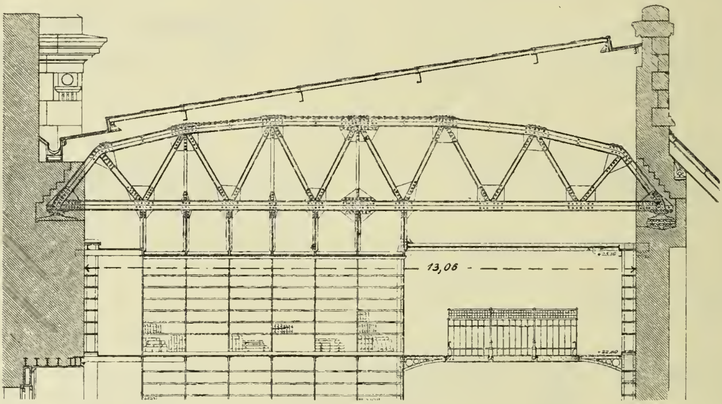
ansprucht. Falls der Pfosten über dem Auflager nicht aus konstruktiven Gründen erforderlich ist, kann er auch nebst dem ersten Stab des Obergurtes weggelassen werden. Es entsteht dann der sparsamere Trapezträger, Fig. a rechts. In Fig. b sind umgekehrt die Pfosten gedrückt, die geneigten Stäbe gezogen. Falls das Auflager am Obergurt liegt, können wieder zwei Stäbe im Endfeld fortfallen. Fig. c zeigt das einfache Netzwerk. Die eine Schaar der Gitterstäbe jeder Trägerhälfte wird gezogen, die andere gedrückt. Fig. d zeigt ein System mit doppelten Diagonalen in jedem Felde, die dann schlaff, also nur für Zug bestimmt, zu konstruiren sind. Fig. e schliesslich zeigt das doppelte Netzwerk, in jedem Felde liegen zwei sich kreuzende Gitterstäbe, vergl. auch Fig. 1393 u. 1394. Schliesslich kommen noch engmaschige, mehrfache Systeme vor, d. h. solche, bei denen jeder lothrechte Schnitt mehrere Gitterstäbe derselben Richtung schneidet, vergl. auch Fig. 1395.

Die Gurte der Gitterträger werden meist aus zwei **L**, oder einem **⊥** Eisen gebildet. Bei stärkeren Belastungen werden Lamellen (Kopfbleche) aufgelegt,

Fig. 1389 u. 1392, oder zwischen die lothrechten Schenkel der L Stehbleche eingelegt, Fig. 1391. Es kommen auch Gurte aus ⊐⊏ vor, oder für besondere Zwecke Kreuzformen nach Fig. 1391, die an sich nicht sehr vortheilhaft sind. Die Gitterstäbe werden bei leichten Konstruktionen ganz aus Flacheisen gebildet, deren Befestigung an den Gurten und untereinander aus den Fig. 1389—95 ersichtlich ist. Vergl. ausserdem auch die Verbindungen in Fig. 1177, S. 506, No. 5, 6, 8 u. 10. Die unmittelbare Befestigung der Gitterstäbe an den Gurten ist nur bei kleineren Konstruktionen möglich, bei grösseren sind Knotenbleche nach Fig. 1385 anzulegen. Bei höheren Trägern sind, falls nicht, wie in den engmaschigen Trägern, Fig. 1395, senkrechte Aussteifungen angebracht werden, die Druckstäbe aus L, ⊥ oder ⊏ Eisen herzustellen. Auf alle Fälle sind die Ecken der Träger gut auszusteifen, u. Umst. mit Eckblechen nach Fig. 1395. Sehr häufig werden bei der Ausbildung der Gitterträger Schönheitsrücksichten ausschlaggebend sein. Sie lassen sich dann auch durch Auflegung geschmiedeter Zierformen in sehr gefälliger Form ausstatten.

Handelt es sich um weitgespannte, schwere Konstruktionen, die etwa dazu bestimmt sind, Oberlichte, massive Saaldecken usw. zu tragen, so sind regelrecht

Fig. 1396. Deckenträger im Archiv des Reichshauses.



ausgebildete Fachwerkträger am Platze, deren Gurtformen der Belastung besser angepasst werden, als das bei dem Parallelträger der Fall ist. Man verwendet also Trapezträger nach Fig. 1388a rechts, deren Obergurt man dann noch entsprechend dem grösseren Moment nach der Mitte ansteigen lässt, so also dort eine grössere Höhe vorhanden ist, wenn man nicht überhaupt den Obergurt dem Wachsthum der Momente entsprechend, also als Parabel formen will. Als Beispiel einer Trägerausbildung in Trapezform giebt Fig. 1396 die Träger über dem Archiv des Reichstagsgebäudes in Berlin, an denen die Bücherregale nebst Laufstegen in mehreren Stockwerken übereinander aufgehängt sind.*)

Eine am Fachwerkträger aufgehängte Decke ist in Fig. 1397 mit allen Einzelheiten dargestellt. Es ist dies eine Konstruktion aus Schloss Moschen des Grafen Tiele Winckler (Ingen. O. Leitholf in Berlin). Die Decke liegt über dem Kasino, einem Raum von 11,42 zu 12,60 m Lichtweite und wird von zwei in Abstand von 2,88 m liegenden trapezförmigen Trägern getragen, die gleichzeitig das sehr einfach hergestellte Dach stützen und mit ihrem Untergurt auch noch den Dachfussboden tragen. Eine grosse Oeffnung in der einen Mauer bedingt eine unsymmetrische Lage des Trägerpaares, sodass sich für die Deckenbalken und die eisernen Dachpfetten verschiedene Spannweiten ergeben. Die Gurte der Träger sind aus zwei ⊏ hergestellt, die Diagonalen aus Flach- bezw. Winkeleisen,

*) Vergl. Näheres in Zeitschrift für Bauwesen 1898, S. 21 ff.

der Obergurt beider Träger ist durch Diagonalverband, in der Mitte auch durch eine Querverbindung ausgesteift. Die Aufhängung der aus zwei **I** konstruirten Unterzüge der Decke ist durch Quadrateisen $^{35}/_{35}$ mm bewirkt, die am oberen Knotenpunkt ein Stossblech gabelförmig umfassen, am unteren rund geschmiedeten Ende eine kräftige Mutter besitzen, auf welche sich mit abgehobelter Fläche ein zwischen die **I** Träger gespannter und mit diesen verschraubter Gussklotz stützt.

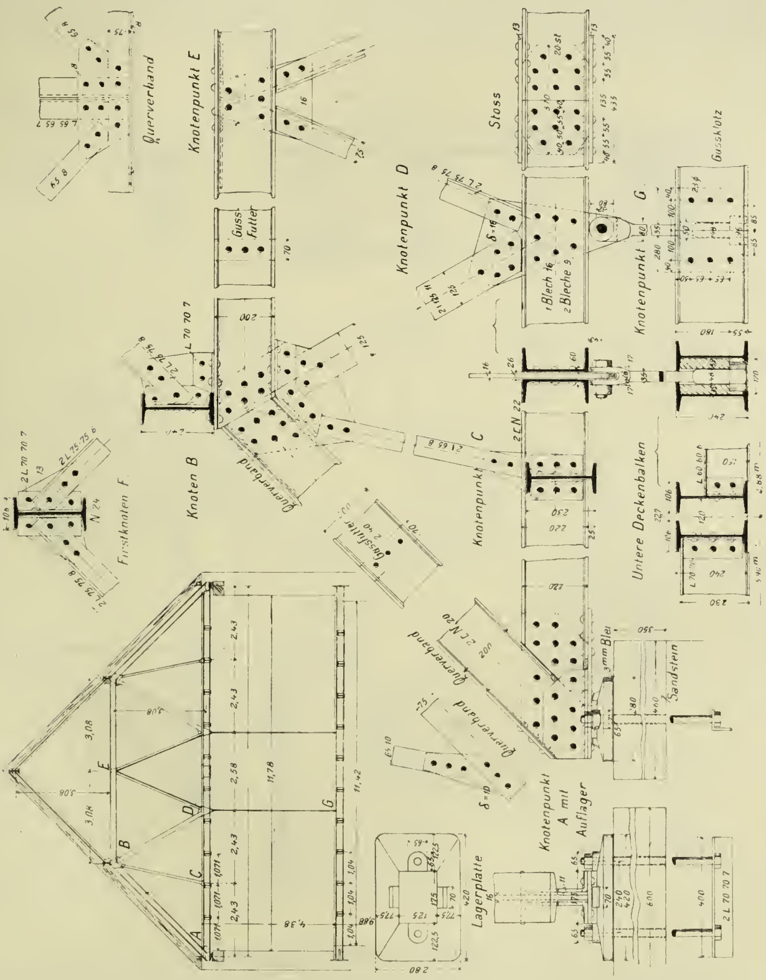


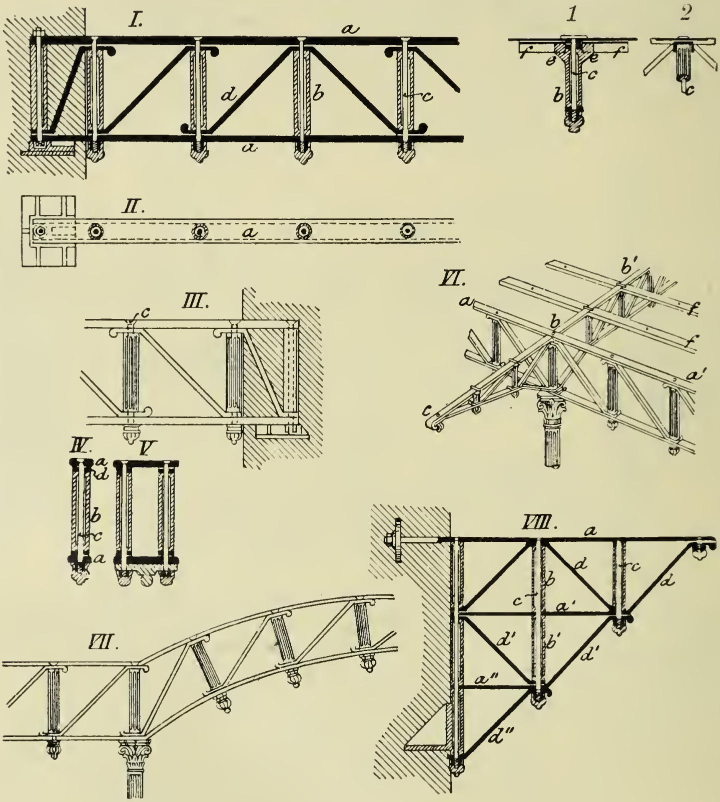
Fig. 1397. Decke im Schloss Moschen.

Den nach unten gekehrten Trapez- oder Parabelträger (Fig. 1388 b rechts) findet man häufiger als Trägerform weitgespannter Dachpfetten.

Eine besondere Anordnung zeigen die für leichtere Belastungen u. Umst. mit Vortheil zu verwendenden zerlegbaren Gitterträger des Eisenwerks von Jolly in Wittenberg a. E. Die Träger sind ausserordentlich zierlich und haben den Vortheil, sich in einzelnen Theilen leicht transportiren und an Ort und Stelle leicht zusammen setzen zu lassen. Fig. 1398 giebt die Ausbildung dieser Konstruktion in I bis IV für einen einfachen geraden Träger, in V für einen Doppel-

träger, in VI für die Kreuzung mehrerer Träger und Konsolausbildung, in VII für einen gebogenen Träger und in VIII schliesslich für ein weit auskragendes Konsol. Bei leichten Trägern bestehen die Gurte und Diagonalen aus Flach- oder Quadrateisen, die Vertikalen aus dünnen Bolzen mit umgelegter gusseiserner Versteifungshülse und gusseiserner Mutter. Fig. 1 u. 2 zeigt Trägerquerschnitte mit Verstärkung der Hülsen an Kreuzungen und bei Ausbildung der Gurte mittels ⊏ Eisen. Die Jolly'sche Träger-Konstruktion ist namentlich für Treppenwangen, insbesondere bei zusammengesetzten geschwungenen Formen vielfach mit Vortheil verwendet worden. Näheres hierüber siehe in Theil II dieses Bandes unter Schlosserarbeiten.

Fig. 1398.



δ. Unterzüge in Kragträgerform.

Bei den bisherigen Betrachtungen wurden nur Träger auf zwei Stützen behandelt, bei denen also das grösste Biegungsmoment bei gleichmässiger Belastung in der Mitte liegt. Dasselbe wird verkleinert, sobald der Träger durchlaufend über mehrere Stützen geht. Das wird aber bei langen Unterzügen häufig der Fall sein müssen. Die durchlaufende Anordnung der Träger hat aber auch ihre Nachtheile, deren wichtigster der ist, dass die Beanspruchung derselben in hohem Maasse von der genauen Höhenlage der Zwischenstützen abhängt und dass andererseits sich die Veränderungen der Trägerlänge bei Temperaturänderungen besonders unangenehm fühlbar machen. Dem wird abgeholfen, indem die durch-

laufenden Träger in solche mit Gelenken, also in Kragträger mit eingehängtem Mittelstück aufgelöst werden, wie das Fig. 1399 zeigt. Der mittlere Theil liegt hier lose (also als Träger auf zwei Stützen) auf den freien Enden der Kragträger. Diese sind hinten in den Umfassungswänden eingemauert und ruhen vorn auf pendelnden Säulen. Die Konstruktion hat also nach allen Richtungen vollständige Bewegungsfreiheit, und es geht dabei doch der Vortheil der durchlaufenden Träger hinsichtlich der Materialersparniss für den Unterzug nicht verloren.

Die Gelenkausbildung kann auf verschiedene Weise erfolgen. Nach Fig. 1400 ruhen die hakenförmig abgeschnittenen Trägerenden unmittelbar aufeinander.

Fig. 1399.

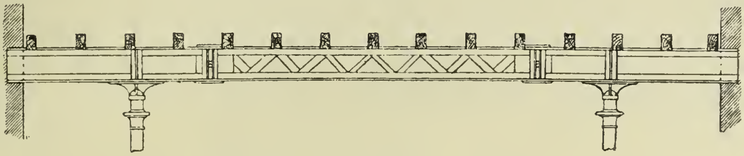
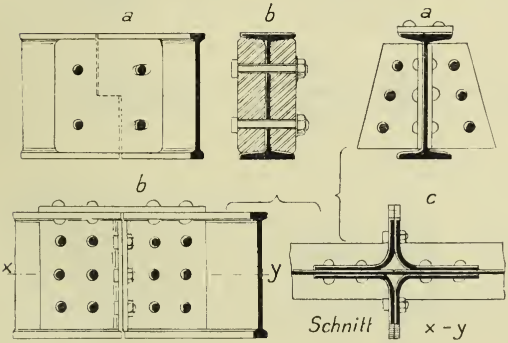


Fig. 1400. Fig. 1401.



Sie sind ausserdem durch zwei seitlich genau zwischen die Gurte eingepasste Gusseisenklötze miteinander verbunden, die an dem einen Trägerende fest, am anderen mit Schraubenbolzen mit ovalen Löchern verschraubt sind. Es kann also ausser Längsverschiebung auch eine kleine Drehung stattfinden.

Fig. 1401 zeigt eine Verbindung mit federnden Platten. Auf die glatt durchschnittenen Trägerenden ist im Obergurt eine biegsame Platte aufgelegt. Ausserdem sind am Steg Winkelplatten aufgeschraubt, deren senkrecht zur Trägerebene stehende Schenkel derart schräg abgeschnitten sind, dass diese Schenkel unten breiter als oben sind. Diese Schenkel sind nur am Rande miteinander vernietet, sodass sie unter dem Einfluss einer Durchbiegung der Trägerenden kleine Bewegungen machen können.

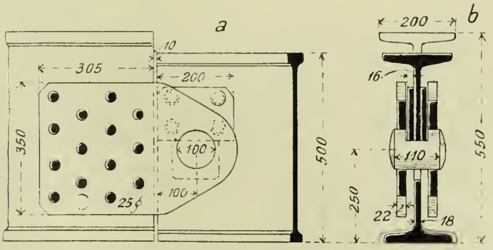


Fig. 1402.

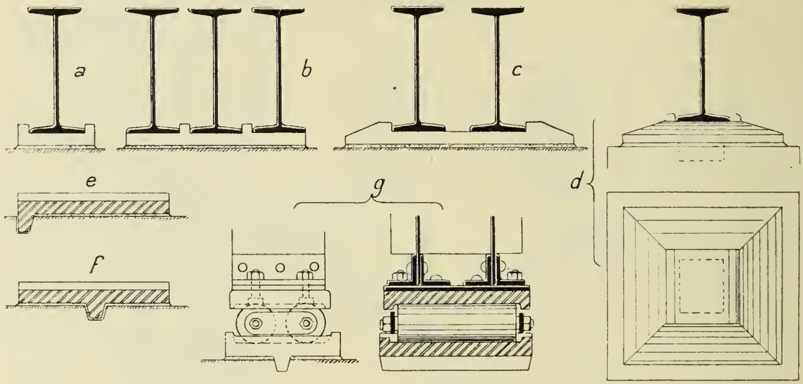
Fig. 1402 schliesslich zeigt eine Bolzengelenk-Verbindung und zwar in einer etwas besonderen Form. (Von der Unterstation „Ost“ der Berliner Elektrizitätswerke. Ingenieur F. H. Barth, Berlin.) Der Bolzen ist hier auf der Oberseite abgeflacht, sodass der durch aufgenietete Laschen (Versenkniete beiderseits) verstärkte eingehängte Träger auf demselben ein ebenes Auflager findet. Die Ausklinkung umfasst ausserdem den Träger derart, dass derselbe seitlich festgehalten wird. Um diesen Bolzen einsetzen zu können, ist natürlich ein grösserer Ausschnitt im Steg des eingehängten Trägers erforderlich. Der Bolzen findet seinerseits mit seinem runden Untertheil Halt in den an den überstehenden Trägern angenieteten Blechen.

c. Auflagerung der Unterzüge.

Die Auflagerung der Unterzüge und Balken auf Mauerwerk bedarf zur Vertheilung des Druckes auf eine grössere Fläche eines Zwischengliedes, der gewöhnlich aus Gusseisen, seltener aus Schmiedeisen hergestellten Auflagerplatte. Statt der Platte werden übrigens auch durchgehende Flach-, L, ⊥, C und I Eisen eingelegt, namentlich, wenn eine Verankerung mit dem Mauerwerk und eine Versteifung des letzteren bezweckt ist.

Die Grösse der Auflagerplatten ist so zu bemessen, dass die Belastung des darunter liegenden Mauerwerkes innerhalb der zulässigen Grenzen bleibt. Es empfiehlt sich dabei jedenfalls, um nicht zu ungleichmässige Pressungen im Mauerwerk zu erhalten, nicht allzu sehr mit Auflagerfläche zu geizen. Die Auflagerlänge, d. h. also die Länge des in die Mauer einbindenden Trägers pflegt man in ein Verhältniss zur Trägerhöhe zu setzen, nämlich gleich $100 + \frac{1}{2} h$ mm, danach ist dann die Breite zu bestimmen. Werden die Trägerenden nicht eingemauert, so giebt man der Gussplatte nach Fig. 1403a seitliche Führungsleisten, bei gekuppelten Trägern wohl auch Zwischenleisten, Fig. b. Die Plattenstärke

Fig. 1403. Auflagerung der Unterzüge.



ist keinesfalls unter 15 mm zu wählen. Nach Scharowsky wähle man: $\delta = 15 + \frac{1}{20} h$ mm. (Bei Schweisseisen genügt etwa die halbe Stärke.) Stehen die Unterlagsplatten an den Säulen weit über, so sind sie, wie Fig. c zeigt, hier entsprechend zu verstärken. Gegen Längsverschiebung werden die Gussplatten durch Nasen am einen Ende oder durch eine Mittelrippe, oder durch Steinschrauben geschützt, vergl. Fig. 1403e und f. Bei grösserer Beanspruchung werden auch Verankerungen des Auflagers ausgeführt (vergl. Fig. 1397, S. 579), Auflager auf Mauerpfeilern werden nach Fig. 1403d mit konischen Platten gestützt, sodass die Lagerung möglichst zentrisch ist.

Schwere Träger von grosser Spannweite müssen längs verschieblich, d. h. also mit Gleit-, Pendel- oder Rollenlager an einem Ende gestützt sein, um schädliche Spannungen im Mauerwerk durch den Einfluss der Trägerausdehnung bei Temperatur-Veränderungen zu vermeiden. Wie schon erwähnt, können bei hohen und verhältnissmässig schwachen Mauern die Träger aber auch zur Versteifung der Mauern herangezogen werden, mit denen sie dann natürlich fest zu verbinden sind. Die Mauern werden dann auf Biegung beansprucht.

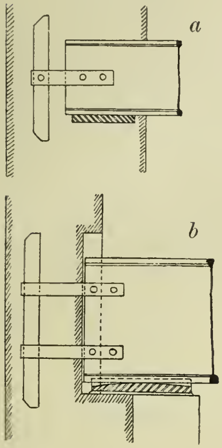
Ein Rollenlager ist in Fig. 1403g dargestellt. (Vergl. auch den Deckenträger Fig. 1396, S. 578.)

Da die Träger sich unter dem Einfluss der Last durchbiegen, so erhalten die Auflagerplatten am vorderen Rande stärkere Pressungen; sie sind daher auf alle Fälle etwa 50 mm (bei sehr starker Belastung und langen Trägern auch mehr) von der vorderen Mauerkante abzurücken, damit hier nicht ein Zerdrücken

eintritt, Fig. 1404a. Noch besser ist es, bei grossen Trägern die Auflagerplatten oben konvex zu gestalten, da dann die Kanten druckfrei bleiben, Fig. 1404b.

Die bisherigen Belastungen bezogen sich auf freigelagerte Träger auf zwei Stützen. Handelt es sich um eingemauerte Freiträger oder um beiderseits eingespannte Balken, so müssen diese auch oben eine Druckplatte erhalten, die dann ganz an das Trägerende geschoben wird, während die untere Auflagerplatte näher an der Vorderkante der Mauer liegt.

Fig. 1404.



Zur gleichmässigen Uebertragung des Druckes sind die Platten, ebenso wie die Fussplatten von Stützen, sorgfältig mit Zementmörtel mit 10—15 ^{mm} starker Fuge oder mit Hartblei (Blei mit Antimonzusatz) zu vergiessen, bezw. auf einer Walzbleiplatte aufzulegen.

Ueber die Auflagerung der Unterzüge auf eisernen Stützen ist schon im Kapitel VIII, Stützen, das Nöthige gesagt, vergl. S. 545 sowie die verschiedenen Figuren dieses Kapitels, die fast sämmtlich auch die Auflagerung der Unterzüge auf den Stützen erkennen lassen.

d. Zwischendecken.

α. Allgemeines, Vorsichtsmaassregeln usw.

Das gesteigerte Bedürfniss nach äusserster Raumausnutzung hat bei Einführung des Eisens für die Konstruktion von Zwischendecken jedenfalls in erster Linie bestimmend gewirkt, da die Anwendung desselben einerseits geringere Konstruktionshöhe, andererseits Ueberspannung grösserer Räume ohne oder mit wenigen Zwischenstützen gestattet. In neuerer Zeit hat dann das Streben nach feuersicheren Deckenkonstruktionen dem Eisen immer weiteren Eingang verschafft, wobei man gern den Vortheil mitnahm, auf diese Weise auch der Hausschwamm-Gefahr zu entgehen. Schliesslich ermöglicht das Eisen die Herstellung besonders leichter Konstruktionen, was u. Umst. von wesentlichem Nutzen sein kann, und die vollständige Fertigstellung derselben in der Werkstatt, sodass die Aufstellung in schnellster und kürzester Zeit erfolgen kann. Diese verschiedenen Gesichtspunkte sind natürlich maassgebend für die Wahl bestimmter Anordnungen.

Bezüglich der Belastung von Zwischendecken und des Eigengewichtes derselben sei auf Hauptabschnitt I, Maurerarbeiten, Kap. VI, S. 30 u. ff. verwiesen.*)

Von den Deckenkonstruktionen sind diejenigen, bei denen lediglich anstelle der Holzbalken Eisenbalken treten, zwischen denen massive Gewölbe, scheitrechte Kappen aus besonderen Formsteinen und Terrakotten, sowie flache gemauerte Decken mit Eiseneinlagen eingespannt sind, schon im Hauptabschnitt I, Mauerarbeiten S. 128 und 130, sowie daselbst S. 130—135 besprochen worden, während im Hauptabschnitt IV, Rücksichten auf Feuersgefahr eine grössere Anzahl solcher Decken mit Herstellung der Deckenplatten in Stampfbeton mit und ohne Eiseneinlage, in Gipsguss usw. auf den S. 451—474 des näheren erläutert und in Abbildung dargestellt sind. Es soll daher auf diese Anordnungen an dieser Stelle nur verwiesen werden.

Bei der Ausbildung und Ausführung von Deckenkonstruktionen mit eisernen Balken sind einige, allgemein gültige Gesichtspunkte zu beachten:

---

*) Es sei hierbei bemerkt, dass sich in den beigegebenen Tabellen vielleicht demnächst einige kleine Aenderungen ergeben werden, die sich allerdings weniger auf Eigengewicht und Nutzlast als auf die zulässigen Beanspruchungen der Materialien beziehen werden. Im Sommer 1902 hat sich die preussische Akademie des Bauwesens mit diesen Fragen beschäftigt, bei Abschluss dieses Bandes waren aber die Ergebnisse der Berathungen noch nicht veröffentlicht. Es werden jedenfalls Angaben über Beton und Betoneisen-Konstruktionen aufgenommen werden. Im übrigen werden die Abweichungen gegen die alten Bestimmungen jedenfalls nicht so sehr bedeutend sein.

Handelt es sich um die Schaffung vollständig feuersicherer Konstruktionen, so sind alle Deckenträger und namentlich auch die Unterzüge zu ummanteln, vergl. die Ausführungen S. 442 u. ff.

Zum Füllmaterial dürfen keine Stoffe angewendet werden, die Eisen angreifen. Schwefelhaltige Füllmaterialien sind also zu vermeiden, oder von Eisen sicher zu isoliren. Also Vorsicht bei der Verwendung von Schlacken und Asche!

Holzbalken lege man auf Träger nicht unmittelbar, sondern unter Einschaltung eines elastischen Zwischenmittels (Dachpappe, Asphaltfilz usw.) auf, wodurch auch dem Anfaulen an den Auflagerstellen vorgebeugt wird. Ueberhaupt ist die unmittelbare Berührung grösserer Holzflächen mit dem Eisen zu vermeiden, da sich an diesem stets Schwitzwasser bilden kann. Es ist hier eine Zwischenlage von Dachpappe, Asphaltpapier usw. erforderlich, bezw. mindestens ein Anstrich mit Asphalt, Theer, Leinöl, Wachsanstrich und Bestäuben mit Korkmehl.

Werden Decken mit eisernen Balken unterseitig geputzt, so entstehen stets Putzrisse und es zeichnen sich die Trägerflanschen leicht durch andere Färbung in der Decke ab, wenn der Putz unter dem Trägerflansch nicht mindestens 2,5 cm stark gemacht wird. Bei Räumen mit starken Temperatur-Schwankungen empfiehlt sich als weitere Vorsichtsmassregel auch bei Putz auf Rohr, Drahtnetz oder Schalung die Einlage von Dachpappe unter dem Trägerflansch.

Fig. 1405.

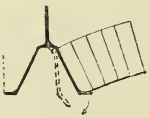


Fig. 1406 a und b.

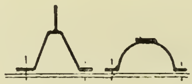


Fig. 1407.



Fig. 1408.

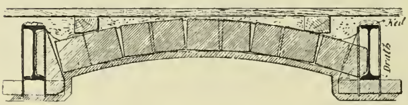
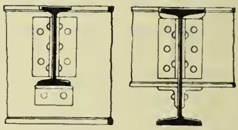


Fig. 1409.



In konstruktiver Beziehung ist darauf zu achten, dass die äusseren Kräfte nicht ungünstig am Träger angreifen, sodass Verbiegungen der Flanschen entstehen. Trägerformen nach Fig. 1405, die an sich namentlich für gewölbte Decken wegen des guten Widerlagers günstig geformt sind, bedürfen nach Fig. 1406 a u. b einer Aussteifung der Flanschen, damit nicht die in Fig. 1405 einpunktirte Verbiegung eintritt (diese Aussteifung ist gleich als Deckenanker zu benutzen). Dasselbe gilt bei der Ausbildung Fig. 1407, wo auf den wagrechten Flansch des I Eisens durch das hoch angreifende Gewölbe ein senkrechter Druck ausgeübt wird. Auch hier kann unter dem Einfluss der Belastung, namentlich wenn Feuer auf den ungeschützten Unterflansch wirkt, ein Abbiegen, wie gezeichnet, und damit eine Zerstörung der Decke eintreten. Die Ausbildung, Fig. 1408, ist daher empfehlenswerther, falls auf die betreffende Querschnittsform der Decke aus architektonischen Rücksichten Werth gelegt wird.

Die Verbindungen eiserner Deckenbalken mit eisernen Unterzügen sind nach Maassgabe der Fig. 1177, S. 506 und zwar nach No. 22, 23 bezw. 24 und 30 zu bilden. Wenn man also nicht aus den auf S. 575 erwähnten Gründen, die Deckenbalken frei auf die Unterzüge auflagert, wobei sie entweder lose aufgelegt, durch Hakenschrauben verbunden bezw. fest verschraubt oder vernietet werden (letzteres schwächt den Unterzug überflüssiger Weise), so sind die Balken zwischen den Unterzügen einzuschieben und an diesen mit senkrechten Winkeln zu befestigen, wodurch eine Decke von grosser Seitensteifigkeit entsteht. Die Balken können dabei, falls eine starke Deckenplatte hergestellt werden soll, auf den Unterflanschen der Unterzüge aufliegen, oder in mittlerer Höhe an diesen an-

greifen (N. 24 u. 30, Fig. 1177) oder schliesslich mit dem oberen Flansch bündig liegen, wie Fig. 1409 zeigt. Falls die entsprechende Höhe vorhanden, kann der Träger noch durch ein wagrechtes Winkelstück am Unterzug gestützt werden. Auch an beiden Flanschen bündige Anordnungen (bei denen also Unterzug und Deckenbalken die gleiche Höhe haben) kommen vor (Fig. 1177, No. 22 u. 23).

Die Deckenbalken können im Hochbau, auch wenn ihre Enden beiderseits eingemauert sind, meist nur als frei aufliegende Träger auf zwei Stützen berechnet werden, da die Mauerstärken gewöhnlich zur Sicherung vollständiger Einspannung an beiden Enden nicht ausreichen. Um sich die Vortheile des beiderseits eingespannten Balkens (geringeres Biegungsmoment) zu Nutze zu machen, hat man bei den Decken der neuen Hochschule für Musik in Berlin folgendes Mittel angewendet. Da bekanntlich das Moment in der Mitte bei beiderseits eingespannten Balken nur halb so gross ist, wie das Einspannungsmoment $\left(\frac{P \cdot l}{24}\right.$ gegen $\left.\frac{P \cdot l}{12}\right.$, wo P die gesammte gleichmässige Trägerbelastung bei 1 m Spannweite), so sind die Balkenstärken nur nach dem ersteren Moment bemessen, an den Enden aber dadurch verdoppelt, dass die Balken des einen Lehrzimmers durch die Trennungswand in den nächsten Raum hindurchgesteckt und dort in der erforderlichen Länge mit den eigenen Deckenbalken dieses Lehrzimmers unter Einlegung von Gussklötzen fest verbolzt sind. Es ist also an der Einspannungsstelle nun genau das doppelte Widerstandsmoment vorhanden. Auf diese Weise konnte an Trägerhöhe und Eisengewicht gespart werden.

β. Decken aus Eisenbalken mit Holzfussboden und Holzunterschalung.

Die Aufgabe ist hier, in einfacher, billiger und doch solider Weise den Fussboden mit dem Oberflansch des eisernen Trägers in Verbindung zu setzen. Man hat das zunächst dadurch erreicht, dass man auf den Oberflansch ein Futterholz auflegte und darauf den Fussboden nagelte. Um nicht an Höhe zu verlieren, legt man das Holz aber besser neben den Träger. Die Fig. 1410a und b zeigt zwei solche Anordnungen. Bei der ersten sind Knaggen am Steg angebolzt, an welchen Latten angenagelt sind, die das Auflager für den Fussboden und Halt für die Deckenschalung geben; bei dem anderen sind die Latten ersetzt durch eine hochkantig stehende Bohle, die mittels Eisenband am Träger befestigt ist. Sind die Träger doppelt, so lässt sich der Zwischenraum mit Holz ausfüllen, wie Fig. 1411 zeigt, die besonders für Dachschalung geeignet ist. Fig. 1412 zeigt eine belgische Anordnung, die

Fig. 1410 a und b.

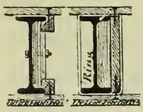


Fig. 1411.

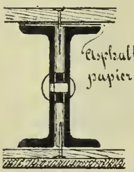
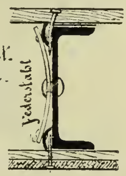


Fig. 1412.



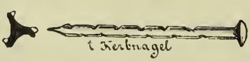


Fig. 1413.

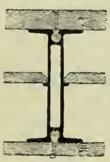


Fig. 1414.

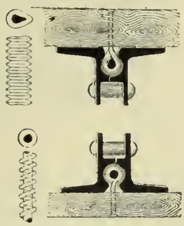
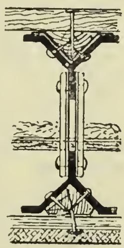


Fig. 1415.



aber zu komplizirt ist. Hier sind federnde Stahlstäbchen, die an den Enden flache Rilleneisen tragen am Steg des Trägers angenietet. Durch den Fussbodenbelag werden gekerbte Nägel eingetrieben, die sich hinter die Rilleneisen klemmen.

Den gleichen Fehler umständlicher Anordnung zeigen die Gocht'schen zusammengesetzten Träger, Fig. 1413 u. 1414. Schraubenartige Einlagen (aus Gusseisen mit eiförmigem, in Schmiedeisen mit kreisförmigem Querschnitt) in den Aushöhlungen der Trägerflansche werden von dem beim Einschlagen sich krümmenden Nagel umfasst. Einfacher sind die auf S. 516 erwähnten Klette'schen

und Ziegler'schen Balken. Statt dieser Träger lassen sich auch Trogeisen, durch Gitterwerk zu einem sehr tragfähigen Träger verbunden, verwenden, vergl. Fig. 1415. Das Holzfutter im Oberflansch ist hier mit Asphalt zu vergiessen oder es ist durch Anbohren des Trägers für Entwässerung der Hohlkehlen zu sorgen.

Sehr zweckdienlich und einfach erscheinen die Verbindungshaften und Lagerholzklammern von Gebr. Rordorf in Zürich (D. R. P. 71520). Die Fig. 1416a—e stellen die Verbindung mit den Haften dar, während Fig. 1416f die Klammer zeigt, die in ähnlicher Weise verwendet wird.

Fig. 1416. Rordorf's Verbindungen.

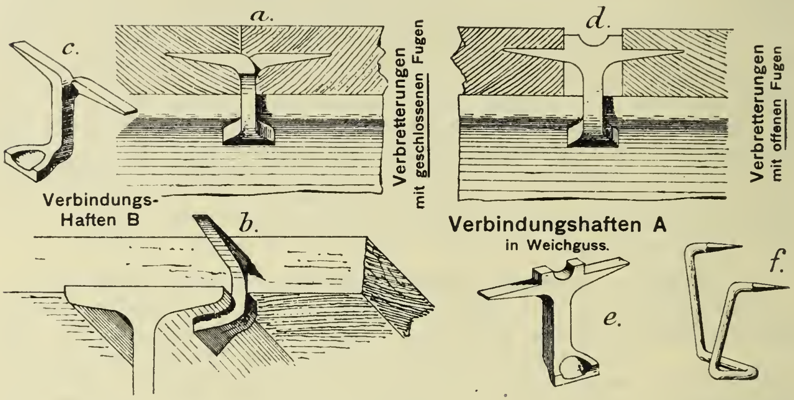


Fig. 1417.

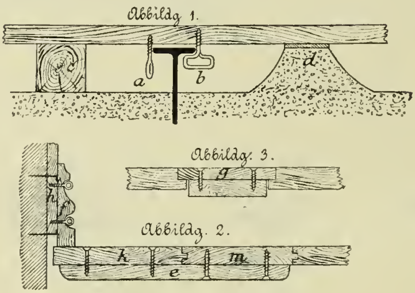


Fig. 1418.

Lagerholzklammer P
in Draht.



Erhält die Decke einen tragfähigen Einschubfussboden, der auf den Unterflanschen der Träger oder auf am Steg angenieteten wagrechten Winkeln liegt und die Deckenfüllung trägt, so sind in dieselbe in gewöhnlicher Weise Lagerhölzer einzulegen, welche dann den Fussbodenbelag stützen (der auf den Trägerflanschen nicht aufliegt). In gleicher Weise ist Holzfussboden auf massiven Decken herzustellen.

Will man einen ungenagelten und nachtreibbaren Fussboden haben, so lässt sich die Rehberg'sche Konstruktion (D. R. P. 111141) anwenden.*) Wie Fig. 1417 zeigt, wird hier der Fussboden, der auf den Lagerhölzern oder massiven Unterstützungen ruht, aber nicht befestigt ist, durch Oesenschrauben am Trägerflansch festgehalten. Bis auf die leicht löslichen Anschlüsse an den Thürschwellen und Scheuerleisten ist der ganze Fussboden ohne ein Nagelloch und kann, wenn er schwindet, leicht aufgenommen und wieder dicht schliessend neu verlegt werden.

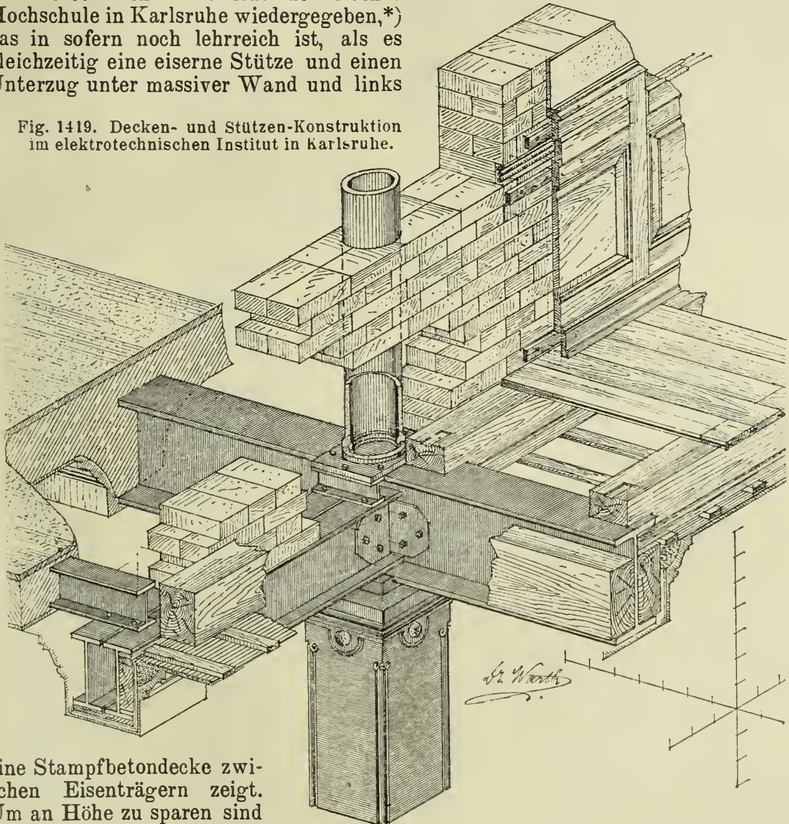
*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1900, S. 606.

γ. Zwischendecken aus Holzbalken mit eisernen Unterzügen.

Die einfachste Anordnung ist wieder diejenige, bei welcher die Balken auf den Unterzügen liegen, auf denen sie verbolzt, durch Hakenschrauben, Schrauben mit Klemmplatten, durch umgelegte und mit den umgebogenen Enden unter die Trägerflanschen fassende Bänder, vergl. Fig. 1362 No. 3, S. 567, und in sehr einfacher Weise auch durch die schon erwähnten Rordorf'schen Verbindungshaften und Lagerholzklammern, oder durch die ganz ähnlichen Sinzig-Klammern von H. Köttgen & Co. in Bergisch-Gladbach, befestigt werden können, vergl. Fig. 1418.

Eine einfache Deckenkonstruktion dieser Art ist in Fig. 1419 aus dem Elektrotechnischen Institut der Techn. Hochschule in Karlsruhe wiedergegeben,*) das in sofern noch lehrreich ist, als es gleichzeitig eine eiserne Stütze und einen Unterzug unter massiver Wand und links

Fig. 1419. Decken- und Stützen-Konstruktion im elektrotechnischen Institut in Karlsruhe.



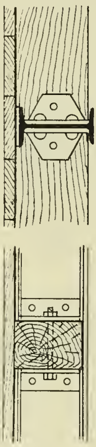
eine Stampfbetondecke zwischen Eisenträgern zeigt. Um an Höhe zu sparen sind hier die Holzbalken derart eingeschnitten, dass sie zwischen die Trägeroberflansche eingeschoben werden konnten, über welche sie nur 8 cm emporragen. Sie liegen auf seitlich an den Trägerstegen angebolzten Holzbalken auf, an denen gleichzeitig die Verkleidung des Unterzuges befestigt ist. Die Decke ist gestakt mit Lehmestrich-Ueberdeckung und Sandschüttung; der Fussboden besteht aus 3 cm starken eichenen gefederten Riemchen, während die Decke mit schwedischen Riemen verkleidet ist (um überall elektrische Leitungen leicht befestigen zu können).

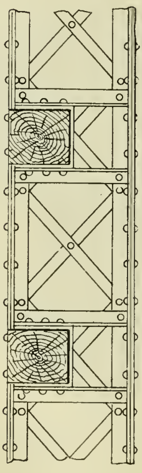
Zwecks weiterer Höhenersparniss werden die Balken ganz zwischen die Unterzüge gelegt, sodass sie mit deren Oberkante bündig abschliessen, wie

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1898, S. 505 u. 506.

Fig. 1420, 1421 und 1422 für Walzträger, Gitterträger und kastenförmige Blechträger zeigen.

Bezüglich der Ausbildung der Decke selbst gilt das, was in dem betreffenden Kapitel im Hauptabschnitt III, Zimmerarbeiten, gesagt ist, sodass hier weitere Einzelheiten nicht mehr aufgeführt zu werden brauchen.


Fig. 1420.


Fig. 1421.

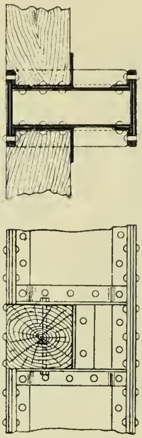

Fig. 1422.



Fig. 1423.

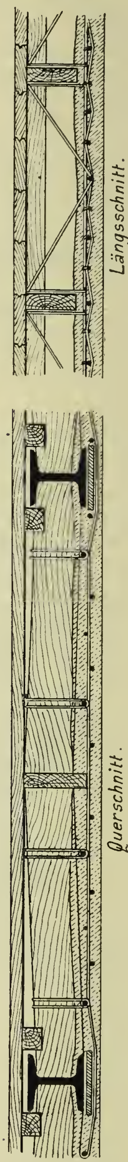


Fig. 1424.

Eine in Lothringen öfter angewandte Decke aus **I** Balken mit Holzbohlen-Ausfachung ist in Fig. 1423 u. 1424 mitgetheilt. Man kann sie als Ursprung der sogen. Pariser Decke ansehen. Die „übernormalen“ Eisenbalken liegen hierbei 1,5—2 m weit und sind kreuzweise mit 4—6 cm starken Bohlen in rd. 50—60 cm Weite ausgesprenkelt. Fester Anschluss der Sprengbohlen an die Flanschen wird durch einerseits oben, andererseits unten eingetriebene Keile bewirkt. Die Befestigung des Holzfussbodens, der Füllhölzer und der Putzlatten oder Verrohrung erfolgt bei diesen Decken in der allgemein für Holzbalken üblichen Weise. Sollen solche Decken auf angenageltem Drahtgeflecht geputzt werden, so muss das Drahtgeflecht um mindestens 1—2 cm tiefer liegen als die Unterkante der Unterflanschen, wenn der Putz haften und nicht nachträglich in der Deckenfläche die eisernen Balken durch Risse oder besondere Färbung sich auszeichnen sollen. Diese Decke wird nach Fig. 1423 häufig so gestaltet, dass die Balkensprenkel in der Mitte gegen eine dünnere, mit den Balken gleichlaufende Bohle gesprengt und oben mit schwachen Lagerhölzern übernagelt werden, auf welchen der Fussboden befestigt wird, während seitlich Drahtschlingen angenagelt werden, welche Drahtnetze oder dünne Stäbe von 5—6 mm Stärke tragen und, mit Gips vergossen, die Unterdecke bilden. Häufig wird die (bei 5—6 m Spannweite selten mehr als 20 cm starke Decke) mit einer

Füllung von Hobelspähnen, welche mit magerem Kalk oder dünnflüssigem Gips durchschlämmt sind, verfüllt.

Betreffs der Tragfähigkeit dieser Decken ist zu berücksichtigen, dass bewegliche Einzellasten nicht nur von einem Einzelfach getragen werden, sondern dass die benachbarten Fächer, infolge der Sprenkelwirkung, daran ebenfalls Theil nehmen (Einheitsdecke) und deshalb starke Widerlager oder Querverankerungen erforderlich sind. Um die Wirksamkeit der Versprenkelung zu sichern, werden während der Ausführung die Eisenbalken in der Mitte ausgesteift.

δ. Decken mit vollständiger Eisentafel.

Während bei den vorbeschriebenen Decken und denen in Hauptabschnitt IV nur das Gerippe zumtheil oder ganz aus Eisen besteht, ist bei den nachstehend beschriebenen auch die Herstellung der Deckentafel, also der Schluss der Balkenfache, durch Eisen bewirkt und zwar entweder durch hierzu geeignete Formeisen oder durch Bleche verschiedener Anordnung. Solche Decken sind zwar unver-

Fig. 1425.

a b

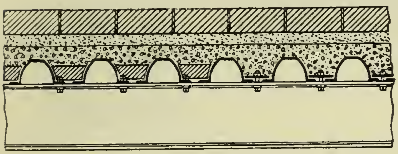


Fig 1426.

a b

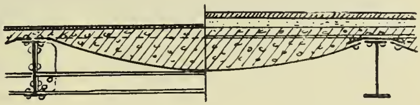
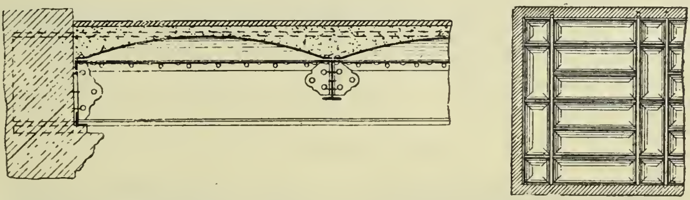


Fig. 1427 a und b.



brennlich, feuersicher aber nur dann, wenn das Eisen auch von unten umhüllt, also gegen den unmittelbaren Angriff der Flamme geschützt ist.

Die Deckenkonstruktionen mit Formeisen, von denen das Belageisen, Fig. 1425, das gebräuchlichste ist, zeichnen sich durch grosse Einfachheit aus, kommen im Hochbau aber nur zu sehr schwer belasteten Decken, wie Kellerdecken in Durchfahrten und Höfen, zur Anwendung. Die Belageisen werden entweder durchlaufend verlegt oder auf jeden Träger gestossen (die Vor- und Nachtheile der einen oder anderen Anwendung sind auf S. 575 ewähnt). Die Befestigung auf den Trägern erfolgt mit gewöhnlichen Bolzen, besser mit den Träger nicht schwächenden Hakenschrauben. Um auch die Durchlochung der Belageisenschenkel zu vermeiden, lassen sich auch Klemmplatten auflegen, wie Fig. 1425 rechts bei b zeigt. Ein dichtes Aneinanderlegen der Flansche der Eisen ist nur selten erforderlich, um die nöthige Tragfähigkeit zu erreichen. Man legt meist, wie Fig. 1425a zeigt, Ziegel längs oder auch quer auf die Flanschen. Das Ganze wird dann mit Beton eingestampft, auf dem sich dann jede beliebige Fussbodenart, Abpflasterung mit Steinen, Holz, Fliesen, Estrich aus Zement oder Asphalt usw., herstellen lässt. (Im Brückenbau findet Belageisen ausgedehnte Anwendung zur Herstellung der Fahrbahntafel und namentlich zur Abdeckung der Fusswege.)

Statt der gewalzten Belageisen werden auch trogförmige Konstruktionen verwendet, die aus Blechen hergestellt und dann mit einander vernietet werden. Es handelt sich hier namentlich um englische und amerikanische Anordnungen, die bei uns aber wenig Nachahmung finden dürften.

Ebenfalls zu den schwereren, nur in besonderen Fällen anzuwendenden Deckenbildungen gehören diejenigen mit Tonnen- und Buckelblechen. Die Tonnenbleche sind nach einem Flachbogen von $^1/_8$ bis $^1/_{12}$ Pfeil gekrümmte Bleche von 4—10 mm Stärke, die stehend, also mit der konvexen Seite nach oben oder hängend verwendet werden. Im ersteren Falle erfordern sie weniger Ausfüllungsmaterial, die Decke wird also leichter, im anderen gewinnt man an Konstruktionshöhe. Fig. 1426 zeigt eine solche Decke mit Hängeblechen und zwar links mit umgebogenem Rande, rechts in der vortheilhafteren Ausführung mit Vernietung an besonderer Deckplatte auf den Trägern. Diese Bleche erfordern auf alle Fälle Querversteifungen zwischen den Trägern, die am besten über denselben, bei Platzmangel aber unter ihnen angebracht werden müssen. Eine Deckung und Vernietung der Querstösse ist nicht erforderlich.

Die Buckel- oder Kümpelbleche werden aus flachen Blechen in Gesenken gepresst. Sie besitzen im Gegensatz zu den vorigen an allen vier Seiten einen wagrechten Rand, ihre Form entspricht also etwa derjenigen eines flachen Klostergewölbes. Sie bedürfen an allen vier Seiten der Unterstützung durch Träger mit denen sie fest vernietet werden, wirken also als allseitig aufgelegte Platten und besitzen dementsprechend eine sehr hohe Tragfähigkeit. Sie lassen sich in Grössen bis zu 2 m im Quadrat herstellen, auch in beliebigen unregelmässigen Formen. Da sie stets besonders angefertigt werden müssen, ist rechtzeitige Bestellung erforderlich. Sie lassen sich ebenfalls stehend und hängend verwenden. Fig. 1427 zeigt eine Ausführung mit stehenden Platten, die in gefälliger Weise zu Mustern zusammengesetzt sind. Fig. 1428 stellt die Zusammensetzung einer grösseren Platte aus halber Buckelplatte und gebogenem Blech dar. Die Naht ist durch aufgelegtes Flacheisen gedeckt und vernietet. Auf diese Weise kann man sich namentlich bei Passplatten von vorher nicht genau bestimmter Grösse helfen. Fig. 1429 zeigt schliesslich eine weitere Bereicherung des Deckenmusters, bei welchem der Spiegel in Wellblech hergestellt ist, dessen Wellen in verschiedenen Richtungen laufen.

Fig. 1428a und b.

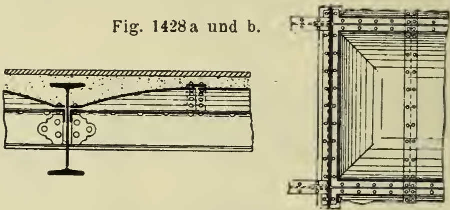


Fig. 1430.

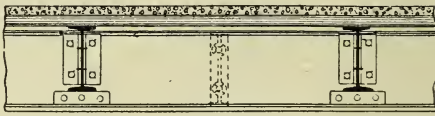
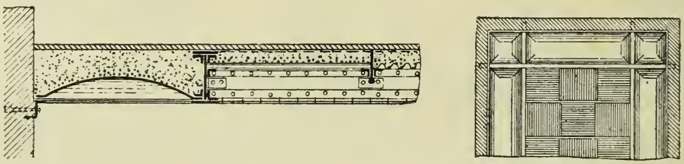


Fig. 1429a und b.



Auch diese beiden Formen zur Herstellung einer geschlossenen Eisentafel finden hauptsächlich im Brückenbau Anwendung und zwar insbesondere für die Fahrbahntafel. Um die Bleche gegen Verrosten zu schützen werden sie meist verzinkt, ausserdem noch gestrichen. Dringt durch die Decke von oben Feuchtigkeit, so sind die Nähte und auch die Ränder der Bleche von oben durch in Asphalt verlegten Asphaltfilz gut zu dichten, ausserdem die Platten im tiefsten Punkt anzubohren. Zum Auffangen der Feuchtigkeit sind dann gegebenenfalls Rinnen anzubringen.

Das gebräuchlichste Material zur Ausfüllung der Deckenfache ist jedoch das Wellblech, das als flaches oder als Trägerwellblech verwendet werden kann. In letzterem Falle bedarf die Decke keiner Balken, sondern nur der Unterzüge bei grösserer Spannweite. Besonders hohe Tragfähigkeit ist mit dem bombirten Wellblech, d. h. dem gebogenen Bleche zu erzielen, das natürlich wieder eine Verankerung der Träger erfordert. Beispiele von gebogenen Wellblechdecken sind schon im Hauptabschnitt IV, S. 455 in Fig. 1062 u. 1063, gegeben. In den Fig. 1429 bis 1431 seien daher nur noch einige gerade Decken mit Wellblechausfachung vorgeführt. Fig. 1430 giebt die einfachste Form mit auf dem oberen Flansch der Träger liegendem Wellblech. Will man auch in diesem Falle ohne Höhenverlust einen Holzfussboden aufbringen, so sind Lagerhölzer in die Wellen einzupressen. (Ebenso lassen sich auch Hölzer für eine untere Deckenschalung von unten einlegen.) Wo Feuchtigkeit zutreten kann,

Fig. 1431.

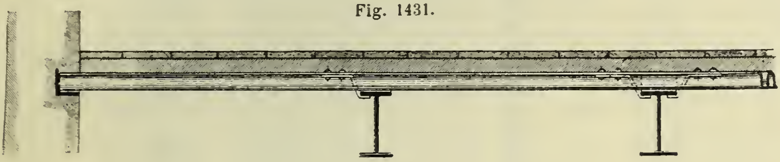


Fig. 1432 a und b.

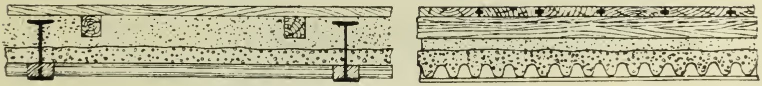


Fig. 1433.

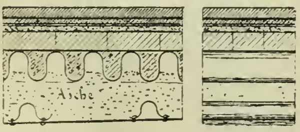
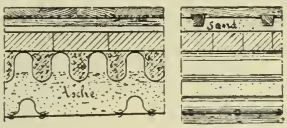


Fig. 1434.



werden diese Hölzer allerdings keinen langen Bestand haben. Fig. 1431 zeigt die Befestigung des Wellbleches auf den Oberflansch der Träger mit Haken und die Auflagerung an der Wand auf untergelegte Winkeleisen. Die Längsstösse der Bleche sind um $^1/_2$ Welle übereinander zu legen und zu vernieten. Falls Wellblech mit den Wellen parallel zu einer Wand an dieser sein Auflager finden soll, wird die letzte halbe Welle flach gebogen und eingemauert. Fig. 1432 zeigt das Wellblech auf dem Trägerunterflansch aufliegend, darauf Betonausfüllung, Schüttung, Lagerhölzer und Holzfussboden.

In Fig. 1433 u. 1434 sind Anordnungen für Wellblechdecken über Heissluft-Leitungen angegeben, wie sie in Deutschland zuerst auf der Sonnenwarte bei Potsdam ausgeführt, sich ausgezeichnet bewährt haben. Die steigende Decke der Luftleitungen ist aus Planblechen mit aufgenieteten Einzelwellen hergestellt und über die Aschenfüllung das Blech (auf beiderseitiger Wangenmauer auflagernd) gestreckt. Die Wellen sind mit Beton ausgestampft; darüber ist Backsteinpflaster gestreckt. Die Bettung ist in Fig. 1433 für Thonsteinpflaster in Fig. 1434 für Holzriemenboden hergerichtet.

Dass sich auch mit sichtbaren Wellblechdecken, namentlich wenn sie farbig behandelt werden, gute Wirkungen erzielen lassen, zeigt das Beispiel der Fig. 1435, das die Decke über der Haupteingangshalle des Zentralbahnhofes zu Strassburg i. E.

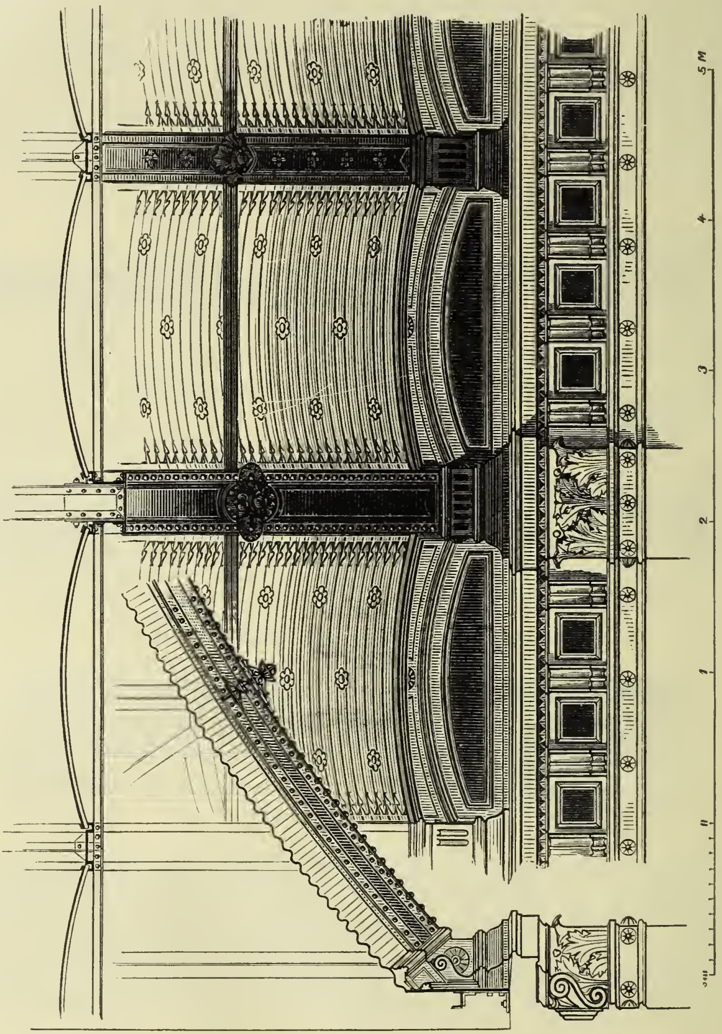


Fig. 1435. Zentralbahnhof in Strassburg i. Els. (Arch: Geh. Reg.-Rath Prof. E. Jacobsthal.)

(Archit. Geh. Reg.-Rath, Prof. J. E. Jacobsthal) wiedergiebt. Die Decke besteht aus gebogenem Wellblech, das zwischen Bogenträgern eingespannt ist. Das Ganze ist verschiedenfarbig behandelt.*)

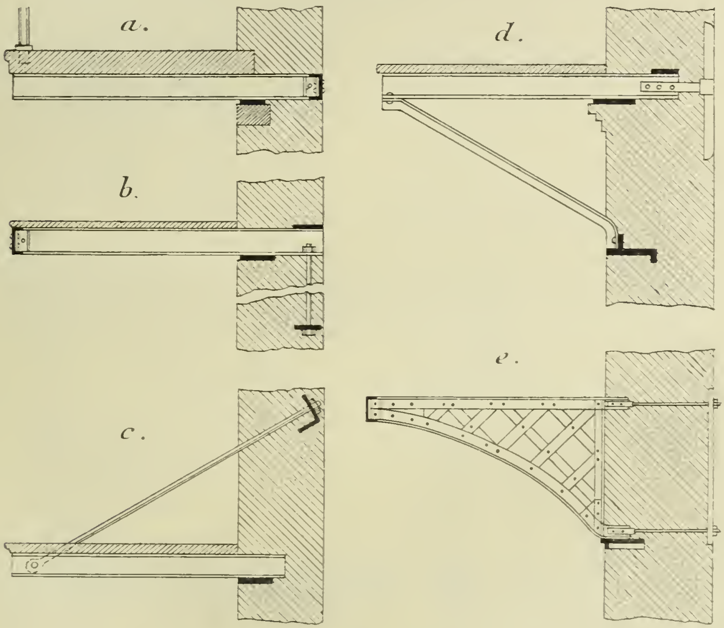
*) Näheres vergl. Dtsche. Bauztg. 1883, S. 557 u. ff.

e. Auskragende Konstruktionen.

Balkone, Gallerien, Erker, Konsolen.

Auskragende Konstruktionen, sowohl im Inneren wie am Aeusseren der Gebäude, gestalten sich am einfachsten, wenn die in der gleichen Höhe liegenden Deckenbalken senkrecht zu der betreffenden Mauer liegen. In diesem Falle werden die Balken einfach um das gewünschte Maass über die Mauer vorgestreckt. Die Konstruktion besteht dann aus Trägern mit frei überstehenden Enden. Ist diese Anordnung nicht angängig, so müssen besondere auskragende Träger eingelegt werden, die bei leichteren Belastungen nur mit ihren hinteren Enden eingemauert, oder bei Auskragungen an eisernen Stützen mit diesen fest vernietet werden, bei stärkeren Belastungen aber noch eine vordere Unterstützung durch Aufhängung, durch Streben oder durch Konsolen erhalten müssen. Bei

Fig. 1436.

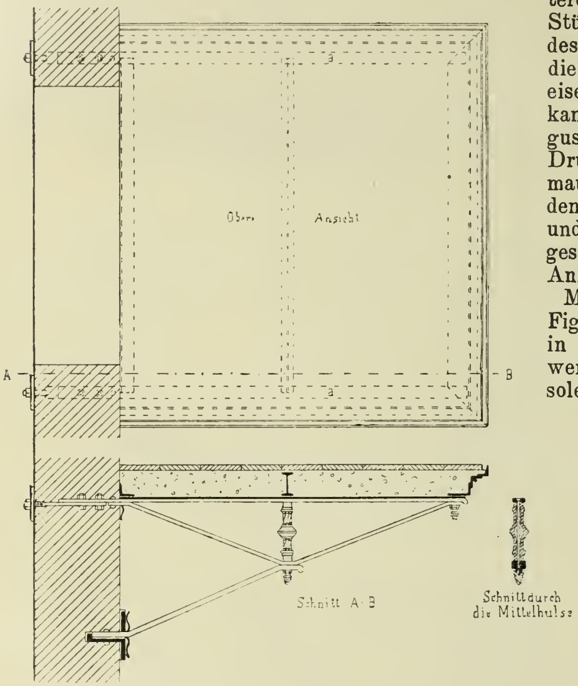


besonders schweren Belastungen ist es erforderlich, die auskragenden Balken nach hinten bis zur nächsten Querwand zu verlängern, um die nöthige Sicherheit gegen Kippen zu gewinnen. Bei äusseren Balkonen und Erkern wird übrigens das tragende Eisengerüst meistens durch Steinkonstruktion, Stuck und Putz vollständig verhüllt.

In Fig. 1436 sind verschiedene Typen für Balkon- und Gallerie-Konstruktionen dargestellt. Fig. a zeigt eine Unterstützung eines Balkons mit eingemauerten I Trägern, die am häufigsten zu diesem Zwecke verwendet werden (ausserdem noch ⊐ Träger und Eisenbahnschienen). Die Träger sind am vorderen Ende nicht verbunden, was an sich auch nicht erforderlich ist. Das eingemauerte Ende besitzt eine untere Druckplatte, die auf besonderem Auflagerquader aufgelegt ist (statt dessen meist nur bessere Ziegel in Zementmörtel), am hinteren Ende ein angeschraubtes Stück eines ⊏ Trägers, um mit demselben ein grösseres Stück der darüber liegenden Mauer zu fassen. In Fig. b sind die eingemauerten Träger an der Vorderkante mit einem Rahmen verbunden. Das eingemauerte Trägerende

besitzt eine untere und obere Druckplatte und ist ausserdem noch nach unten verankert. In Fig. c ist ein eingemauerter Träger mit Aufhängung dargestellt, eine Anordnung, die bei Balkonen wohl nur in seltenen Fällen anwendbar ist. In Erkern lassen sich dagegen solche Hängestangen leicht in den Seitenmauern unterbringen. Fig. d zeigt eine Ausbildung mit unterer Strebe, zur besseren Stützung des freien Endes des Kragträgers. Die Strebe, die in Guss- oder Schmiedeeisen hergestellt werden kann, stützt sich auf eine gusseiserne, eingemauerte Druckplatte. Die eingemauerten Kragträger werden hier wieder mit unterer und oberer Druckplatte ausgestattet, ausserdem durch Anker und Splint mit dem Mauerwerk verbunden. Fig. e schliesslich zeigt eine in L Eisen und Gitterwerk ausgebildete Konsole. Der Untergurt stützt sich wieder auf eine Gussplatte, ausserdem sind beide Gurte durch Rundeisen verlängert und mit gemeinsamer Ankerplatte gefasst.

Fig. 1438.



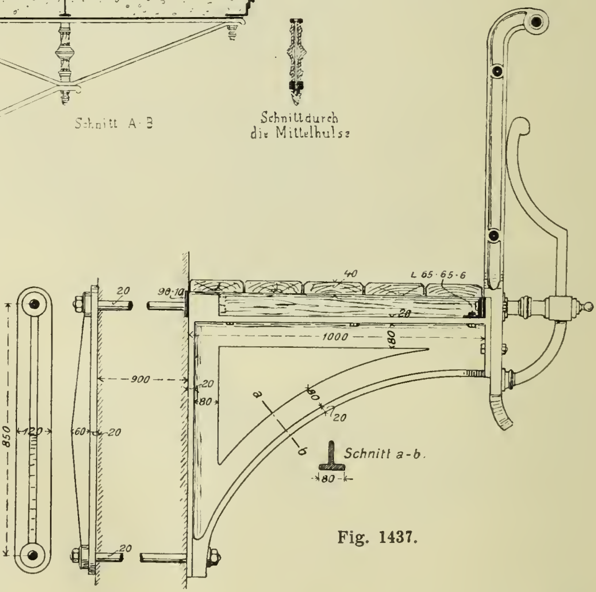


Fig. 1437.

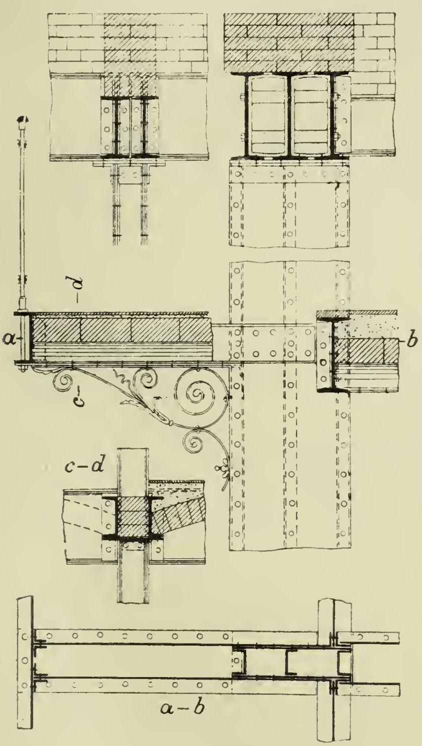
Statt schmiedeeiserner Konsolen lassen sich auch solche in Gusseisen verwenden. Fig. 1437 zeigt ein einfaches Beispiel einer Gallerie am Wasserthurm auf dem Bahnhof Charlottenburg. Die Konsolen sind oben und unten verankert, die Anker durch eine gemeinsame Gussplatte gefasst.

Fig. 1438 stellt die Ausbildung eines kleinen Balkons mit Konsolen Jolly'scher Anordnung dar (vergl. S. 580).

Fig. 1439 schliesslich giebt die Konstruktion einer inneren Gallerie in Verbindung mit eiserner Stütze wieder. Die auskragenden Balken sind noch durch leichte Konsolen in Kunstschmiedearbeit gestützt. Es lassen sich hier die mannigfaltigsten Formen, sowohl in Guss- wie in Schmiedeisen, anwenden. Viele Giessereien und Kunstschmiedewerkstätten haben derartige Konsolen auf Lager.

Die Herstellung des Fussbodens solcher Auskragungen ist ihrem besonderen Zwecke entsprechend sehr verschieden. Bei inneren Gallerien entspricht die Herstellung meist derjenigen der anschliessenden Decken. Leichtere Stege können einfach mit Bohlenbelag gedeckt werden, ausserdem findet sich Abdeckung mit Blech oder Wellblech, darauf Beton und beliebiger Fussboden, Monierplatten bezw. Gewölbe, bei Balkonen auch Abdeckung mit Steinplatten oder Ausmauerung mit Ziegelkappen oder flachen Steindecken. Bei wenig vorkragenden Balkonen kann auch mit einem Ende eingemauertes und am äusseren Rande mit ∟ oder ⊐ Eisen besäumtes Trägerwellblech unmittelbar ohne Unterstützung von Trägern verwendet werden.

Fig. 1439.



Kräftiger zu konstruiren sind die Unterbauten von Erkern. Hier sind die Träger besonders sicher zu verankern, wenn möglich bis zur nächsten Querwand durchzuführen. Einfache Träger werden meist zu hoch, statt dessen werden Zwillingsträger verwendet. Die äusseren Enden der Kragträger müssen durch einen dem Erkergrundriss entsprechenden Rahmen verbunden werden, der die Aussenmauern stützt. Bei runden Erkern bildet dieser aus einem Träger gebogene und mit den Enden eingemauerte Rahmen häufig die ganze tragende Konstruktion. Die Rahmen werden dann auf Biegung und Verdrehung beansprucht.*) Gehen die Erker durch mehrere Stockwerke hindurch, so sind die auskragenden Träger am besten in jedem Stockwerk einzulegen. Die Ecken derselben werden dann durch lothrechte Anker mit einander verbunden, die auch den Seitenwänden des Erkers besseren Halt geben. Es kann aber auch das ganze Gewicht u. Umst. auf dem untersten Erkerboden ruhen oder ebenso das Ganze aufgehängt sein an der obersten Decke. Es hängt das von den örtlichen Umständen, den Mauerdurchbrechungen usw. ab.

Konsolen werden, ausser zur Unterstützung auskragender Konstruktionen, noch vielfach im Hochbau verwendet, namentlich zur Verkürzung der freien Spannweite von Balken und Dachbindern. Sie werden auch mitunter lediglich zu dem Zwecke angewendet, um einen architektonischen Uebergang zu bilden zwischen der senkrecht aufstrebenden Mauer bezw. Stütze und dem wagrechten Balken. Ihre Ausbildung gleicht den vorbeschriebenen, wird bei gusseisernen Stützen in Gusseisen, bei schmiedeisernen ebenfalls in Schmiedeisen ausgeführt

*) Die Berechnung derartiger Anordnungen enthält Dtsche. Bauztg. 1885, S. 607.

und bewegt sich zwichen den einfachsten und reichsten Formen. Die Grundform ist die des rechtwinkligen Dreiecks mit gerader oder geschweifter Strebe, mit geschlossener Füllung oder mit Stab-, Gitter- und Rankenwerk. Im Abschnitt „Ueberhängende Dächer“ finden sich verschiedene Anordnungen, die auch in vorliegendem Falle im Prinzip zur Anwendung kommen könnten.

XI. Dachkonstruktionen in Eisen.

a. Allgemeines, Anwendungsgebiet, Belastungsannahmen, Eintheilung.

Bei der Ausbildung der Dachstühle im Wohnhausbau und unter ähnlichen einfachen Verhältnissen, hat das Holz bei uns bisher mit Recht seinen Platz behauptet, da das Eisen für derartige Ausführungen, abgesehen von der grösseren Feuersicherheit, ihm gegenüber keine so wesentlichen Vortheile bietet, welche die Aufwendung der höheren Kosten rechtfertigen würden (falls nicht besondere Umstände vorliegen). Dagegen wird überall da, wo es sich darum handelt, weitere Räume zu überspannen, also in Kauf- und Geschäftshäusern, in Verwaltungsgebäuden und über Versammlungsräumen, in Fabriken und Lagerhäusern, insbesondere aber beim Bau weitgespannter Hallen und Kuppeln, wie sie namentlich unsere Bahnhöfe und Ausstellungen erfordern, das Eisen durchaus am Platze, der billigere und bei entsprechenden Spannweiten überhaupt der einzig anwendbare Baustoff sein. Ebenso wird das Eisen überall da von Vortheil sein, wo es sich um die Herstellung zusammengesetzter Formen handelt, die Verbindungen erfordern, welche der Natur des Holzes nicht entsprechen, oder wo es schliesslich darauf ankommt, die allseitig freie sichtbare Konstruktion in möglichst gefälliger Form auszubilden.

Mit Vortheil werden u. Umst. bei einfacheren Anordnungen *gemischte Konstruktionen* verwendet, bei denen das Holz zu den gedrückten, das Eisen zu den gezogenen Theilen verwendet wird. Im Hauptabschnitt III, Zimmerarbeiten, sind eine Reihe solcher Anordnungen in Skizzen vorgeführt. Weitere Beispiele folgen späterhin. (S. 600 u. ff.)

Eiserne Dächer im eigentlichen Sinne werden zurzeit nur noch in Schmiedeisen ausgeführt. Das Gusseisen, das früher zur Bildung ganzer Dachstühle verwendet wurde, dient jetzt im wesentlichen nur noch zur Herstellung der Auflager und zu Schuhen. Auch die Anwendung desselben zu gedrückten Theilen, namentlich zu den Streben in sichtbar bleibenden Dachbindern wird immer seltener. In Holz werden noch häufiger die Sparren, seltener die Pfetten der Eisendächer hergestellt.

Bei der *Berechnung* der Dächer sind die Belastungsannahmen und zulässigen Beanspruchungen zugrunde zu legen, die im Hauptabschnitt I, S. 30—33 gegeben sind. Bezüglich der Gewichte von Metall- und Glasdeckungen vergl. auch die späteren Abschnitte.

Als zulässige Beanspruchung ist dabei für die Theile des Dachbinders bei Schmiedeisen eine Beanspruchung von 1000 $^{kg/qcm}$ zugrunde zu legen, für Pfetten und Sparren jedoch nur 850 $^{kg/qcm}$. Alle gedrückten Stäbe sind auf Zerknicken zu berechnen. Für Sparren und Pfetten ist eine Durchbiegung von $^1/_{600}$ der Länge zulässig.

Die *Eintheilung* der Dächer kann zunächst nach dem Baustoff erfolgen. Es sind also jetzt nur noch die rein eisernen (jedoch auch mit hölzernen Pfetten bezw. Sparren) und die aus Holz und Eisen gemischten Konstruktionen zu unterscheiden. Letztere werden, soweit eine Besprechung überhaupt noch an dieser Stelle erfolgen soll, in den betreffenden Unterabtheilungen der eisernen Dächer eingereiht.

Nach der Konstruktionsart sind zunächst zwei Hauptgruppen zu unterscheiden. Die erste Gruppe umfasst diejenigen Anordnungen, bei welchen das Tragwerk aus einer Anzahl gleichwerthiger, paralleler (bei unregelmässigem oder gekrümmtem Grundriss — ringförmiger Lokomotivschuppen — auch gegeneinander im Grundriss einen Winkel bildender) *ebener Fachwerke*, den Bindern, besteht, während die andere Gruppe alle solche Gebilde enthält, bei welchen das Tragwerk als Ganzes, als *räumliches Fachwerk* aufzufassen ist.

In die erste Gruppe gehören die einfachen Satteldächer mit ihren Abarten, den Dächern mit gebrochener Dachfläche und den Dächern mit Lüftungsaufsatz, die Tonnendächer mit gekrümmter Dachfläche, die Pultdächer, die überhängenden oder ausgekragten Dächer (Auslegerdächer) und die Scheddächer, in die zweite Gruppe die Zelt- und Thurmdächer, sowie die Kuppeldächer. Einen Uebergangstypus zwischen den beiden Gruppen bilden die Walmdächer.

Eine besondere Stellung nehmen schliesslich die von Foeppl vorgeschlagenen Flechtwerkdächer*) ein, die hier nur kurz erwähnt seien. Wie bei den neueren Kuppelkonstruktionen liegt hier das ganze Tragwerk in der Dachfläche, sodass also der ganze Raum völlig frei ist. Es besteht aus Bindern von polygonaler Form, die aber nicht wie die Binder eines Satteldaches an sich allein geeignet sind, die in der lothrechten Ebene liegenden Lasten aufzunehmen, sondern erst durch die Pfetten und die in der Dachfläche liegenden Diagonalverbände stabil werden. Grössere Ausführungen dieser Art sind bisher nicht bekannt geworden.

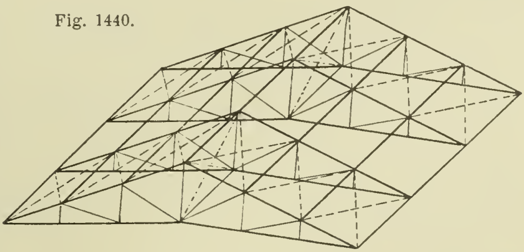
b. Die Satteldächer.

α. Allgemeine Anordnung, Pfetten- und Sparrendach.

Die nachstehenden allgemeinen Ausführungen gelten im wesentlichen auch für die Pult-, Tonnen-, Ausleger- und Scheddächer.

Wie schon erwähnt, besteht die tragende Konstruktion des Daches aus den für gewöhnlich parallel zu einander verlegten, lothrecht stehenden Bindern, die gegen Verschiebung in der Längsrichtung meist zu je zwei und zwei durch einen in der Dachfläche liegenden Diagonalverband, wenn erforderlich auch noch durch Kreuzverbände quer zu der Binderrichtung mit einander verbunden sind. Vergl. Fig. 1440. Zwischen den so ausgesteiften Binderpaaren liegen dann noch einfache Querverbindungen (gewöhnlich durch die Pfetten gebildet), die aber bei grösserer Dachlänge nicht ungestossen durchlaufen dürfen, damit sich die Temperaturspannungen ausgleichen können. Auf den Bindern liegen zur Unterstützung der Dachhaut entweder nur Pfetten — Pfettendächer — oder Pfetten und auf diesen Sparren — Sparrendächer. Darauf ruht die Schalung oder Lattung, falls eine solche erforderlich ist und schliesslich das eigentliche Dachdeckungsmaterial. Die Pfetten liegen wagrecht und parallel zum Dachfirst. Falls sie unmittelbar die Dachhaut tragen, so muss ihre Entfernung nach der Tragfähigkeit der letzteren bemessen werden. Es müssen daher die Knoten der Dachbinder dann entweder dichter zusammenrücken oder es müssen die Pfetten auch zwischen den Knotenpunkten auf den Obergurten der Dachbinder aufgelegt werden, die dann ausser der Druckspannung, die sie aus den lothrechten Lasten erhalten, noch auf Biegung durch die Pfetten beansprucht werden. Die Querschnitte müssen dann, wie später gezeigt wird, entsprechend ausgebildet werden. Pfettendächer sind daher im allgemeinen nur dann vortheilhaft, wenn die Dachhaut, wie z. B. bei Wellblech, der Unterstützung nur in grösseren Abständen bedarf, und ausserdem bei Tonnendächern. Werden die Pfetten in Holz hergestellt, so darf die Binderentfernung 4—5 m nicht überschreiten. Im übrigen wählt man sie unter gewöhnlichen Verhältnissen derart, dass man mit einfachen gewalzten Profilen auskommt. Die Binderentfernungen werden sich daher meist in den Grenzen von 5—10 m halten. Grössere Entfernungen erfordern genietete oder Gitterträger bezw. regelrechte Fachwerkträger als Pfetten. Dies tritt namentlich bei weitgespannten

Fig. 1440.



*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1891, S. 112 u. Schweizer Bztg., Bd. XXIII, S. 146.

Hallenbindern ein, bei denen eine grössere Binderentfernung vortheilhafter hinsichtlich des Materialverbrauches ist. Es kommen Entfernungen bis zu 25 m vor. So hat z. B. die Maschinenhalle der 1889er Pariser Weltausstellung eine grösste Binderentfernung von 26,40 m. Vergl. das Kapitel der Hallendächer.

Bei den üblichen Dachkonstruktionen werden die Sparrendächer häufiger angewendet. Die Sparren liegen hier auf den nur als Unterzüge dienenden Pfetten in Abständen von meist nicht über 1 m. Bei Holzschalung werden sie zweckmässiger Weise ebenfalls in Holz, sonst in Eisen hergestellt.

Bei sehr kleinen Spannweiten können u. Umst. die Sparren allein oder in Verbindung mit Pfetten (Unterzügen) die Dachkonstruktion bilden, sodass eigentlich Binder ganz in Wegfall kommen.

β. Die gebräuchlichen Binderformen der Satteldächer.

Die Binderformen der Satteldächer lassen sich in drei ihrem Wesen nach durchaus verschiedene Grundformen theilen. Die erste ist der einfache Balken auf zwei Stützen, der Dachbinder ist also wagrecht gelagert und übt nur lothrechten Stützendruck aus. Wenn diese Voraussetzung zutreffen soll, muss ein Auflager in der Binderrichtung verschieblich sein. Diese Form ist die im eigentlichen Hochbau häufigste. Die zweite ist der Sprengwerk- oder Bogenträger. Der ebenfalls auf zwei Stützpunkten ruhende Binder übt einen Schub aus. Diese Anordnung kommt hauptsächlich für weitgespannte Hallenkonstruktionen inbetracht, bei denen der Bogen bis zum Fundament hinabgeführt wird. Anderenfalls wird der Schub durch eine Zugstange aufgehoben. Die reine Bogenform findet sich übrigens bei Satteldächern nur selten. Bei ihrer Anwendung ist gewöhnlich auch die äussere Dachfläche gekrümmt, es entstehen also dann die Tonnendächer. Diese sollen daher später besonders behandelt werden. Die dritte Gattung ist schliesslich die der Kragträger, bei denen die Binder auf vier Stützpunkten ruhen. Die beiden seitlichen Bindertheile überspannen den Raum zwischen je zwei Stützen und strecken ihre Enden in den mittleren Raum vor. Der Mitteltheil des Binders ruht als Balken auf zwei Stützen auf den ausgekragten Enden. Diese Dächer sind vortheilhafter als wenn man eine derartige dreischiffige Anordnung mit drei selbständigen Dächern, also beiderseits mit einem Pultdach und in der Mittelspannung mit gewöhnlichem Satteldach überdeckt.

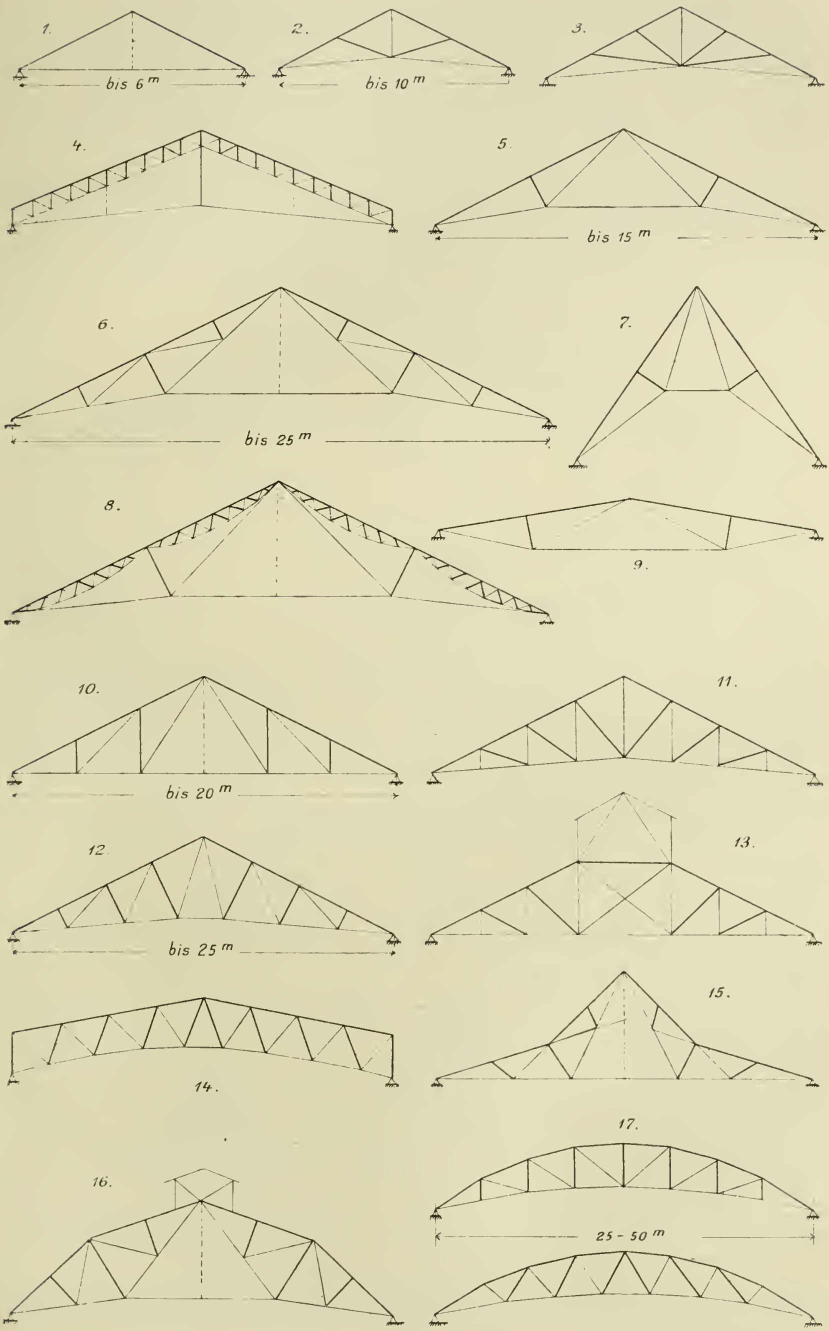
In Fig. 1441 sind die gebräuchlichsten Formen für einfache Satteldächer, deren Binder als Balkenträger ausgebildet sind, zusammengestellt. Die gedrückten Konstruktionstheile sind dabei durch starke, die gezogenen durch dünne Linien dargestellt. Die passenden Spannweiten sind zumtheil eingeschrieben. Es ist dabei eine derartige Theilung vorgesehen, dass die freie Knicklänge des Obergurtes zwischen den Knoten höchstens 3—4 m beträgt.

Das einfache Dreieckdach, No. 1 (bestehend aus zwei Sparren mit wagrechter oder geneigter Zugstange) wird gewöhnlich nur für ganz kleine Spannweiten verwendet. Ebenfalls nur für kleine Spannweiten eignet sich der deutsche Dachstuhl No. 2 und der belgische No. 3. Es lassen sich diese, ihrer Einfachheit wegen unter Umständen recht vortheilhaften Systeme aber auch bei recht beträchtlichen Spannweiten verwenden, falls die Sparren als entsprechend steife Fachwerkbalken ausgebildet werden, wie No. 4 für das einfache Dreiecksystem zeigt.

Eine vielverwendete Form ist der Polonceau-Dachstuhl, der in seiner einfachsten Form in No. 5 dargestellt ist. Jeder Sparren bildet für sich einen armirten Träger. Ein Zugband verbindet beide Binderhälften. Durch Verdoppelung der Theilung entsteht der doppelte Polonceau No. 6. Will man die Vorzüge der einfachen Anordnung behalten, aber eine enge Feldtheilung erreichen, so sind nach No. 8 Untertheilungen einzulegen, wie sie namentlich Schwedler mit Vorliebe ausführte oder es sind nach Fig. 4 die Sparren als steife Fachwerkbalken zu gestalten. Das System eignet sich auch zu ganz steilen Dächern, wie No. 7 an einem Kirchendach zeigt, übrigens auch zu sehr flachen Anordnungen, nach No. 9, wobei dann der Binder-Untergurt durchhängt.

Eine weitere Grundform ist der englische Dachstuhl, der lediglich aus aneinander gereihten Dreiecken mit lothrechten, bezw. zur Dachfläche senkrechten oder geneigten Streben besteht. Die No. 10, 11, 12 zeigen verschiedene Anordnungen.

Fig. 1441.


1.
bis 6 m
2.
bis 10 m
3.
4.
5.
bis 15 m
6.
bis 25 m
7.
8.
9.
10.
bis 20 m
11.
12.
bis 25 m
13.
14.
15.
16.
17.
25 - 50 m

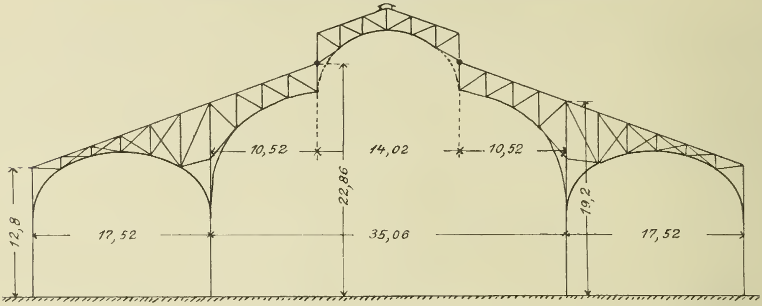
Um keine zu flachen Streben zu erhalten, darf die Feldtheilung keine grosse sein. Der Dachstuhl eignet sich also besonders zu Pfettendächern.

Der Binder nimmt auch nach No. 13 mitunter die Form eines einfachen Fachwerkbalkens an. Eine solche Anordnung ist u. Umst. von Vortheil, namentlich wenn auf der Dachmitte ein Aufsatz errichtet werden soll.

Will man bei steilen Dächern die überflüssige Trägerhöhe verringern, oder handelt es sich darum einen freien Dachraum zu gewinnen, so lässt sich der Untergurt des Binders nach No. 14 bogenförmig gestalten.

Die Verringerung der Trägerhöhe und damit die Vermeidung zu langer Diagonalen ist namentlich bei Dächern von mehr als 25 m Spannweite erforderlich. Dieser Anforderung entspricht der Träger mit gekrümmtem Ober- und Untergurt

Fig. 1442. Bergbaugebäude der Weltausstellung in Chicago 1893.



(d. h. nur die Knotenpunkte liegen gewöhnlich auf einer Kurve, meist einer Parabel), insbesondere der Sichelträger, No. 17.

Besondere Binderformen zeigen schliesslich die No. 15 u. 16. Bei der ersteren kommt es darauf an, ohne zu grosse Trägerhöhe ein steiles Oberlicht längs der Traufkante zu schaffen, während der Mitteltheil des Daches flach eingedeckt ist; im anderen Falle wird umgekehrt auf ein flach an den Traufkanten ansteigendes Dach in der Mitte ein steiles Oberlicht aufgesetzt. Letzteres System ist nur eine Abart des Polonceaudaches. Beide Dachformen eignen sich besonders für hell zu erleuchtende Werkstatträume.

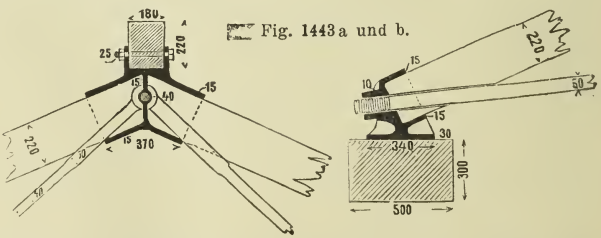
In Fig. 1442 ist schliesslich das System eines Kragträgerdaches dargestellt. (Bergbaugebäude der Weltausstellung in Chicago 1893).

γ. Die Konstruktion der Satteldachbinder.*)

1. Beispiele für gemischte Konstruktion in Holz und Eisen.

Wie schon erwähnt wurde, ist Eisen bei Holzdächern zunächst verwendet worden zur Herstellung von Zugstangen und zur Konstruktion von Schuhen zur Verbindung der hölzernen Sparren im Scheitel und zum Sparrenfuss. Fig. 1443a u. 1443b zeigt eine derartige einfache Anordnung.

Fig. 1443a und b.



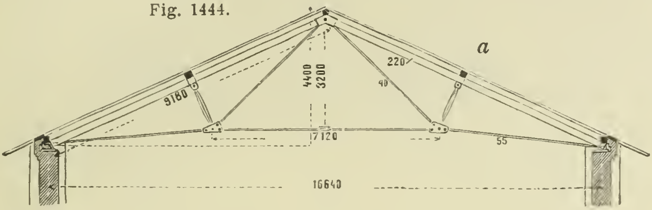
Besonders häufig wird der einfache Polonceaubinder noch mit hölzernem Obergurt ausgeführt, während die Druckstrebe entweder in Guss- oder in

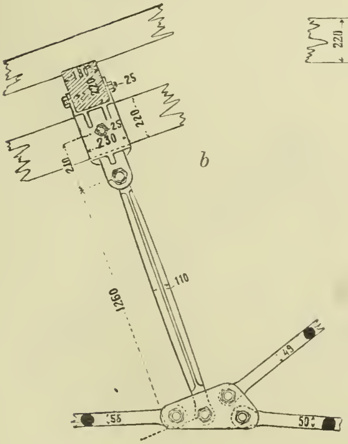
*) Diejenigen Beispiele, bei welchen die Namen der entwerfenden Ingenieure genannt sind, verdanken wir unmittelbar der Güte der betreffenden Verfasser. Aehnliches gilt von den Beispielen, bei welchen die Namen der ausführenden Firmen angegeben sind.

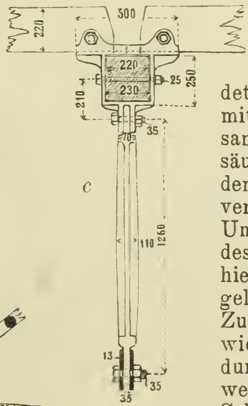
Schmiedeisen hergestellt ist und letzteres Material ausserdem wieder zu den gezogenen Gliedern Verwendung findet. Fig. 1444a—c zeigt eine solche Ausbildung. Die Anordnung des First- und Fussknotens kann dabei nach Fig. 1443a bezw. b erfolgen. Die Ausbildung der gusseisernen Strebe entspricht derjenigen des armirten Balkens Fig. 1217s und t, S. 517. Auch der Anschluss der Strebe und der Zugstangen mit Drehbolzen an die Knotenbleche entspricht dieser Figur. (Vergl. im übrigen auch die Verbindung Fig. 1174m und n, S. 503). Die mittlere wagrechte Zugstange ist mit Spannschloss nach Fig. 1174o oder Fig. 1213, S. 515, zu versehen.

Ein neueres Beispiel einer gemischten Konstruktion zeigt die Fig. 1445a—c, welche das Dach über der Aula des Gymnasiums in Friedenau b. Berlin wiedergiebt (Ing. O. Leitholf in Berlin). Die Gesammtanordnung ist in a dargestellt,

Fig. 1444.







in b der Sparrenfuss nebst Schuh und eine kleine in Schmiedeisen ausgebildete Strebe, in c schliesslich der mittlere Knotenpunkt am Zusammentreffen der Hängesäule und Hauptzange mit den sich nach vier Richtungen verzweigenden Zugstangen. Um eine zu grosse Schwächung des Holzes zu vermeiden, sind hier starke Knotenbleche eingelegt. Die Anspannung der Zugstangen erfolgt hier, wie auch bei Fig. 1443b, durch eine Schraubenmutter, welche an dem Strebenfuss-Schuh ihr Auflager findet.

Die ganze Anordnung ist einfach, klar und sparsam. Die 14,80 ^{m} weit gespannten Binder stehen in 3,25—3,45 ^{m} Entfernung und tragen gleichzeitig die an ihnen aufgehängte leichte Deckenkonstruktion.

Eine eigenartige Ausbildung eines Holz-Eisen-Dachstuhls anderer Konstruktionsart giebt Fig. 1446 wieder. Es handelt sich hier um ein Mansardedach von rd. 14 ^{m} Stützweite, das so hergestellt ist, dass bis auf die Mittelstütze, die als eiserner Gitterträger ausgebildet ist, der ganze Dachraum frei gehalten wird. Der flache Mitteltheil des Daches ist ein mit der Stütze fest verbundener, nach beiden Seiten auskragender Fachwerkträger gemischter Konstruktion, dessen Enden von einfachen Sparren gestützt werden. Um die nöthige Steifigkeit in das System zu bringen, ist der Winkel zwischen Sparrenfuss und Deckenbalken durch einen Bock ausgesteift.

2. Beispiele in reiner Eisenkonstruktion.

Zur Querschnittsbildung der eisernen Satteldachbinder werden bei Konstruktionen bis etwa 25 ^{m}, falls die Dächer nicht etwa durch Decken-

konstruktionen, Krahnbahnen, Maschinenwellen usw. besonders belastet sind, im allgemeinen für die gedrückten Gurtungen nur zwei Winkeleisen in ⅂⌈ Form verwendet, die eine vortheilhafte Materialausnutzung und einfache Knotenpunktsbildung gestatten, da sich zwischen den senkrechten Schenkeln die Knotenbleche

Fig. 1445a. Aula des in Friedenau. Dach über der Gymnasiums (Ing.: O. Leitholf.)

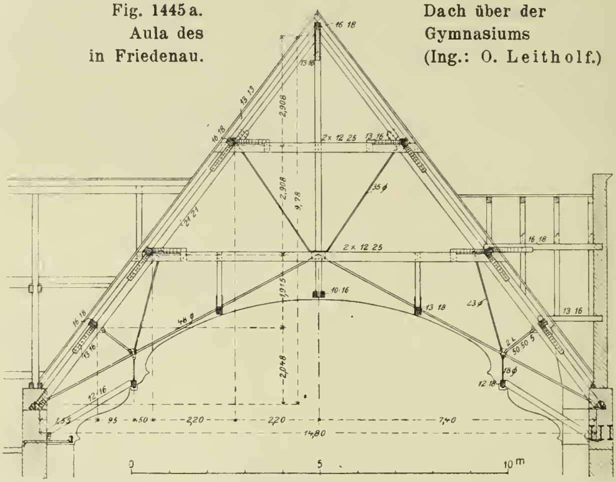
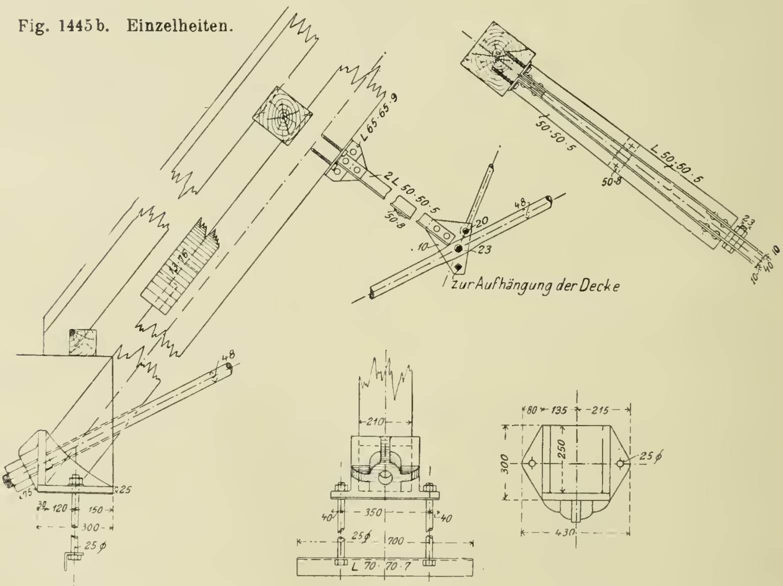


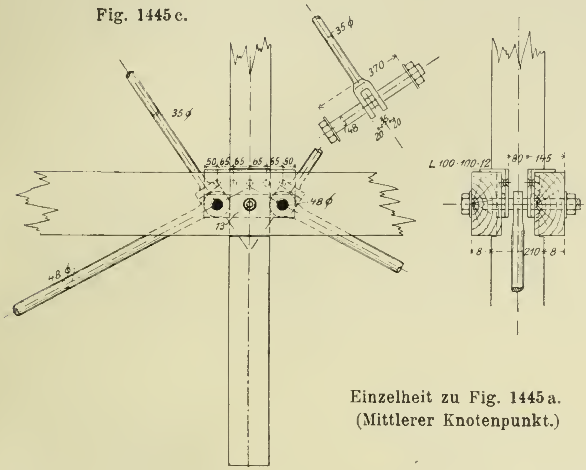
Fig. 1445b. Einzelheiten.



einlegen lassen. Es werden sowohl gleichschenklige, wie ungleichschenklige Winkel verwendet und zwar in den verschiedenen Feldern, gewöhnlich nur in der Schenkeldicke verändert. Verstärkungen dieses Querschnittes lassen sich durch eingelegte Stehbleche und aufgelegte Lamellen erzielen. Für grössere Spannweiten und schwere Binder treten dann gewöhnlich ⅃⊏ förmige Querschnitte ein,

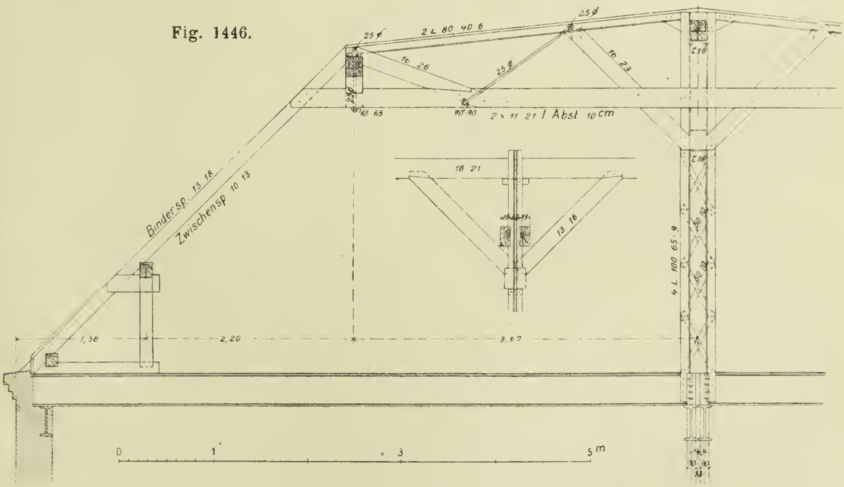
die aus zwei ⊏ Eisen bezw. aus genieteten oder aus Gitterträgern dieser Form zusammengesetzt werden. Für die Druckstreben werden ⊥ Eisen, oder zwei L Eisen in ⅃L, ⅃Γ, oder ⅃Γ Form, wenn erforderlich wieder mit Einlegung von Stehblechen usw., bei schwereren Konstruktionen auch kreuzförmige Querschnitte aus vier L Eisen oder aus zwei ⊐ Eisen verwendet. Ein Kreuzquerschnitt aus vier Winkeleisen ist namentlich durch Auseinandersprengen der Winkel in Stützenmitte sehr steif zu gestalten. In allen gedrückten Querschnitten sind die einzelnen Theile derselben in Abständen von 1—1,5 m durch Futterbleche und Niete zu einem Ganzen mit einander zu verbinden. Etwaige Gusseisenstreben werden in kreis- oder kreuzförmigem Querschnitt hergestellt. Die gezogenen Konstruktionstheile werden aus Flacheisen bezw. Rundstangen, vielfach jedoch der grösseren Steifigkeit

Fig. 1445 c.



Einzelheit zu Fig. 1445 a.
(Mittlerer Knotenpunkt.)

Fig. 1446.



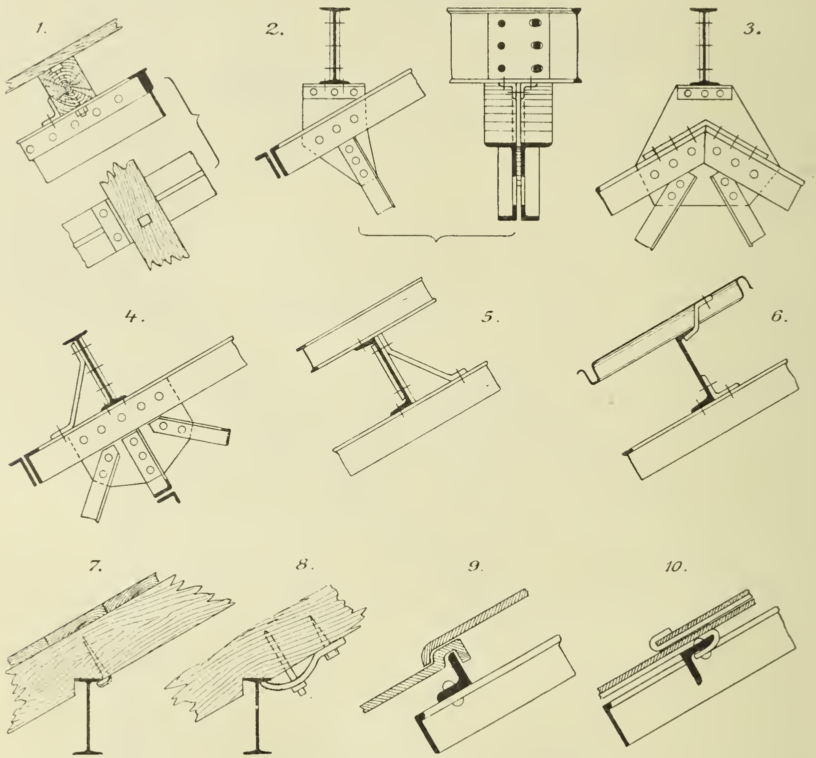
wegen ebenfalls aus L Eisen gebildet. Konstruktionstheile, die zwischen den Knotenpunkten noch Lasten zu tragen haben, bedürfen natürlich eines entsprechenden, auch den Biegungsspannungen gewachsenen Querschnitts.

Die Knotenpunkte werden zumeist steif durch Vernietung hergestellt, wobei, abgesehen von ganz leichten und kleinen Konstruktionen stets besondere Knotenbleche eingelegt werden. Knotenpunkte mit Drehbolzen-Verbindung sind seltener. Sie kommen hauptsächlich bei dem Anschluss von Zugstangen, gusseisernen Streben usw., namentlich bei Polonceau-Anordnungen zur Verwendung.

Die Windverbände zwischen den einzelnen Binderpaaren werden als Flacheisen oder als Rundstangen, oder besser noch ebenfalls aus leichten Winkeln gebildet. Sie liegen in der Dachebene und werden mit dem Obergurt vernietet, bezw. bei Rundstangen mit Drehbolzen und mit besonderen Knotenblechen angeschlossen. Die gekreuzten Spannstangen eines Feldes erhalten dann u. Umst. einen Spannring, nach Fig. 1214, S. 515.

Die als Balkenträger konstruirten Dachbinder erfordern, wie schon erwähnt, ein in der Binderrichtung verschiebliches Auflager, das bei kleineren Spannweiten eine einfache Gleitplatte sein kann, bei grösseren aber in einem Stelzen- oder

Fig. 1447.



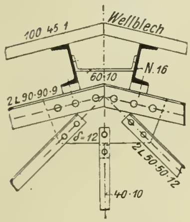
Rollenlager bestehen muss. Soweit die nachfolgenden Beispiele die Anordnung nicht schon erläutern, werden die Lagerkonstruktionen am Schlusse dieses Kapitels für alle Dachformen gemeinsam besprochen.

Die Pfetten werden, falls sie unmittelbar die Schalung oder Lattung zu tragen haben, am besten auch in Holz hergestellt. Sie werden dann, wie Fig. 1447, No. 1, zeigt, mit dem Obergurt verschraubt und legen sich gegen kleine, mit dem Obergurt vernietete Stützwinkel. Die eisernen Pfetten werden vorwiegend aus I und Ⅽ Eisen gebildet. Aus ersteren werden die Pfetten der Zwischenknotenpunkte, aus letzteren die Fusspfetten und die Firstpfetten hergestellt, falls letztere doppelt angeordnet werden, vergl. Fig. 1448. ⅃‾ Eisen werden namentlich gern bei Wellblechdachung benutzt. Die Pfetten liegen auf dem Obergurt der

Binder auf (eine Lage zwischen den Bindern, also bündig mit dem Obergurt, kommt nur ausnahmsweise zu besonderen Zwecken vor). Falls sie lothrecht stehen sollen, ist eine besondere Stuhlkonstruktion erforderlich, vergl. Fig. 1447, No. 2. Statt dieser umständlichen Anordnung zieht man meist die Schräglage der Pfette vor, die dann unmittelbar mit dem Obergurt des Binders vernietet werden kann, dann aber ungünstiger beansprucht wird. Auch hier werden meist noch besondere Stützkonstruktionen zuhilfe gezogen, vergl. No. 4, 5 u. 6.

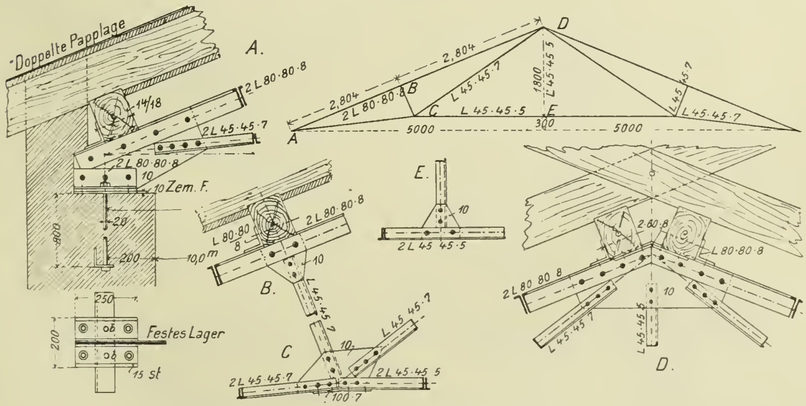
Zu beachten ist, dass die Z Eisen stets so verlegt werden, wie No. 6 zeigt, in welcher Lage sie tragfähiger sind. Ausserdem wird dabei vermieden, dass der untere Schenkel mit dem Steg eine Schwitzwasserrinne bildet, wie das bei der umgekehrten Lage der Fall sein würde. Deshalb sind auch die ⊐ Eisen, wie in No. 5 zu verlegen. Bei den I Eisen sind Bohrungen im Steg dicht am Flansch erforderlich, damit das Wasser ablaufen kann. Ganz besonders ist darauf zu achten, dass Rostbildungen an den Auflagerstellen vermieden werden.

Fig. 1448.



Lange Pfetten, die nicht durch Sparren ausgesteift werden, biegen sich bei Schräglage zwischen den Bindern durch. Sie müssen dann durch Zugstangen an den Firstpfetten aufgehängt werden. Es ist ferner Sorge zu tragen, dass die Längsausdehnung unter dem Einflusse der Temperatursteigerung sich ausgleichen kann und sich nicht auf die Giebelwände überträgt. Zu dem Zwecke sind die Stosslaschen der Pfetten mit ovalen Bolzenlöchern zu versehen.

Fig. 1449. (Einzelheiten 1 : 30.)



Die Sparren werden ebenfalls nur in Holz hergestellt, falls sie hölzerne Lattung oder Schalung tragen. Sie werden mit den eisernen Pfetten verbolzt, durch Hakenschrauben verbunden Fig. 1447 No. 7 (was aber nicht durchaus sturmsicher ist) oder durch federnde Bügel nach No. 8. Eiserne Sparren werden mit den Pfetten einfach verschraubt oder vernietet. Sie bestehen meist aus kleinen I Eisen, bei Glasdeckung aus ⊥ Eisen. Ihre Entfernung beträgt 0,75—1,0 m höchstens. Bezüglich der Befestigung hölzerner Schalung gilt das, was schon bei den Holzfussböden auf Eisenbalken, S. 585, gesagt ist.

Ziegel- und Schieferdächer können nach Fig. 1447, No. 9 u. 10, unmittelbar auf ganzeisernen Dächern verlegt werden. Die Lattung besteht dann aus L Eisen, deren Lage für die verschiedenen Deckmaterialien die in der Abbildung angedeutete sein muss.

Die nachstehenden Beispiele mögen diese Ausführungen erläutern.

In Fig. 1449 ist ein einfacher Polonceau-Dachbinder mit hölzernen Pfetten und Sparren dargestellt. Alle, auch die gezogenen Theile sind in Winkeleisen

ausgeführt. Der Obergurt aus doppelten ∟ 80 . 80 . 8, die im unteren, stärker beanspruchten Felde auf längerer Strecke mit eingelegtem Flacheisen, im oberen wie üblich mit kleinen Futterblechen in grösseren Abständen vernietet sind. Auch der Untergurt besteht aus zwei ∟ Eisen 45 . 45 . 7, während alle übrigen

Fig. 1450. Hallenbinder der Weltausstellung in Antwerpen 1894.

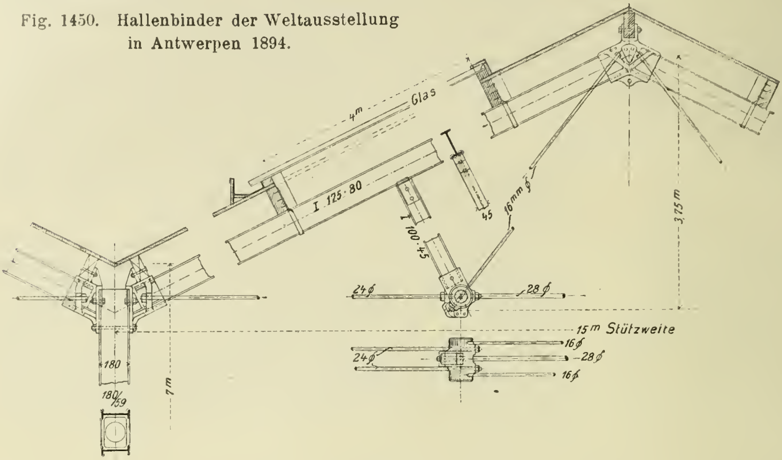
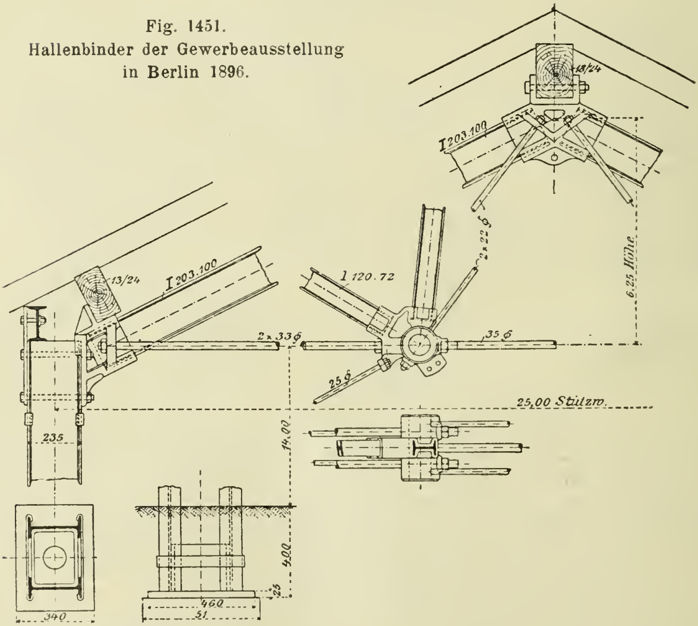


Fig. 1451. Hallenbinder der Gewerbeausstellung in Berlin 1896.



Stäbe einfache Winkel gleicher Stärke bezw. 45 . 45 . 5 zeigen. Alle Knotenpunkte sind fest vernietet. Das bewegliche Auflager unterscheidet sich von dem dargestellten festen nur dadurch, dass die Ankerbolzen b in der mit dem Binderfuss vernieteten (unten mit Versenkköpfen) Platte durch ovale Löcher geführt sind, die also eine gewisse Verschiebung gestatten.

Eine eigenartige Ausbildung eines Polonceau-Binders zeigen die beiden neben-

Fig. 1452.

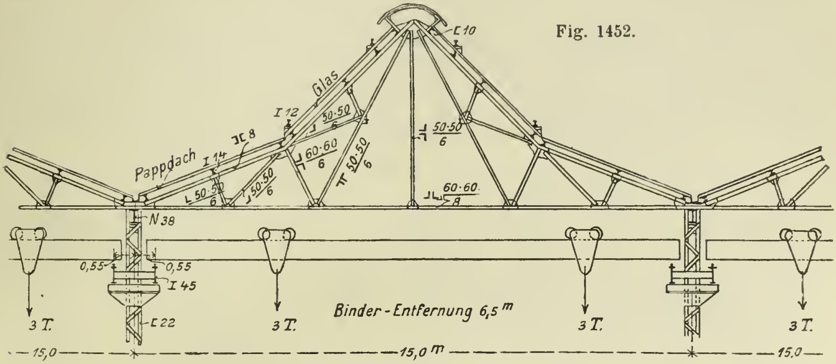
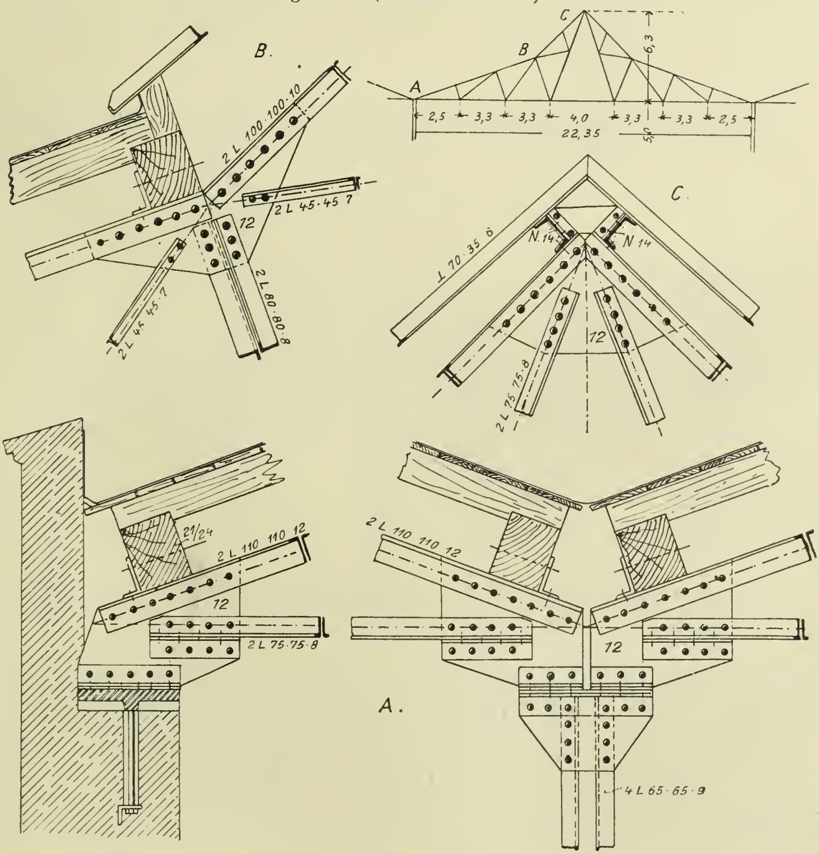


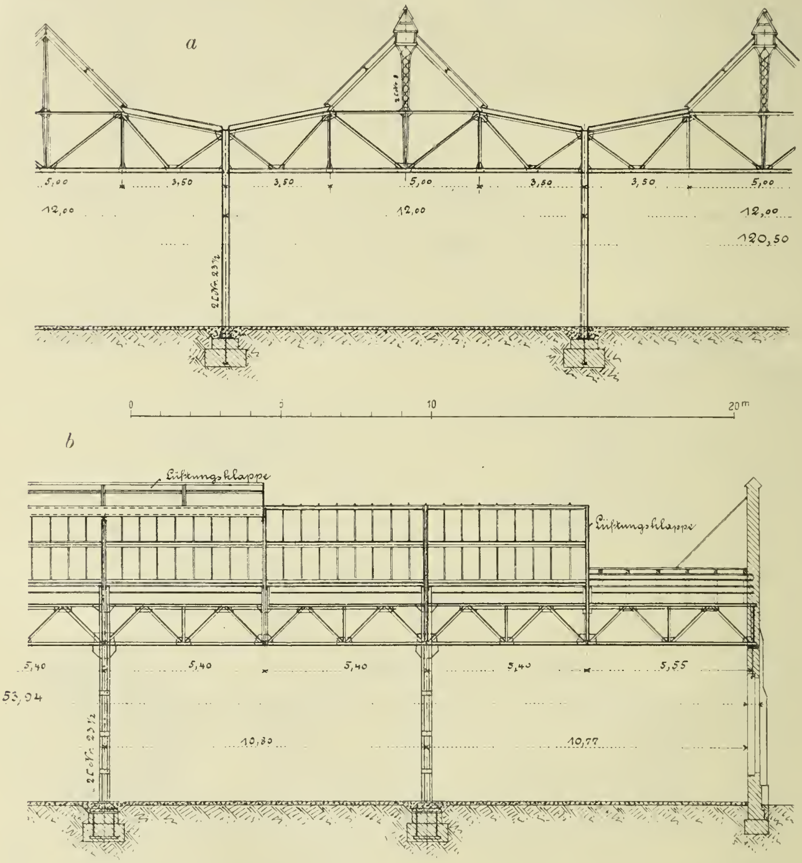
Fig. 1453. (Einzelheiten 1 : 30.)



stehenden Figuren 1450 u. 1451, welche Hallenbinder von der Antwerpener Weltausstellung 1894, bezw. Berliner Gewerbeausstellung 1896, wiedergeben.

Es kam hier darauf an, die Ausbildung so zu treffen, dass sich die Möglichkeit der Wiederverwendung in einfachster Weise erreichen liess. Es waren Hallen von 15, 18 u. 25 m in Antwerpen mit je 5 m Binderabstand hergestellt, die sich also in bequemer Weise und in verschiedener Anordnung zusammenstellen liessen. Die gedrückten Theile der Binder bestehen aus I Eisen, die Stützen aus gekuppelten I Eisen, um welche schmiedeiserne Bänder in rothwarmem Zustande umgelegt sind. Die gezogenen Stäbe sind Rundstangen. Die Verbindung an den Knotenpunkten erfolgt durch gusseiserne Schuhe, in welche die I Träger

Fig. 1454.



ohne Verbolzung eingreifen (abgesehen von den Pfostenköpfen), sodass also auch die Träger für sich allein wieder verwendbar bleiben. Die 25 m Hallen, die Fig. 1451 zeigt, sind daher zumtheil von Antwerpen nach Berlin übernommen worden.

Aussergewöhnlich weitgespannte doppelte Polonceau-Dächer besassen die Hallen des Hauptgebäudes der Weltausstellung in Philadelphia 1876 von nicht weniger als 30,5 m bezw. 36,6 m. Das ist dadurch ermöglicht, dass sich die ersten Zugstreben über den Knotenpunkt des Untergurtes hinaus als Druckstreben bis zu den Wänden fortsetzen.*)

*) Vergl. Deutsches Bauhandbuch, II. Bd., Gebäudekunde, 5. Th., S. 437, die Systemskizzen der ganzen Anlage.

Eine eigenartige Umformung des Polonceau-Daches zeigt Fig. 1452, S. 607,

Fig. 1454. (1 : 30)

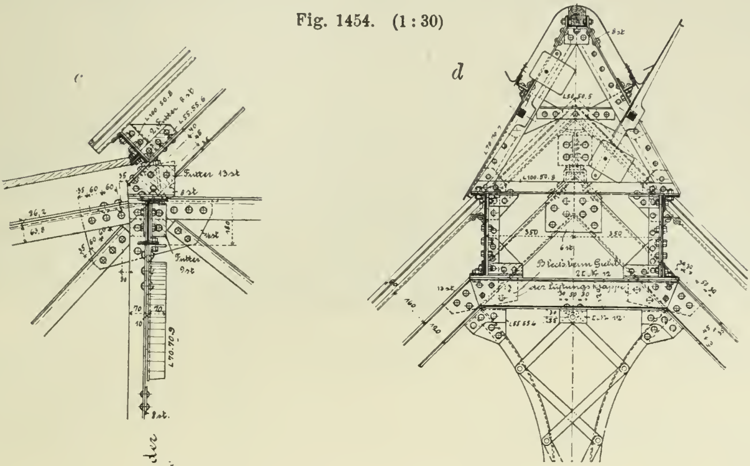
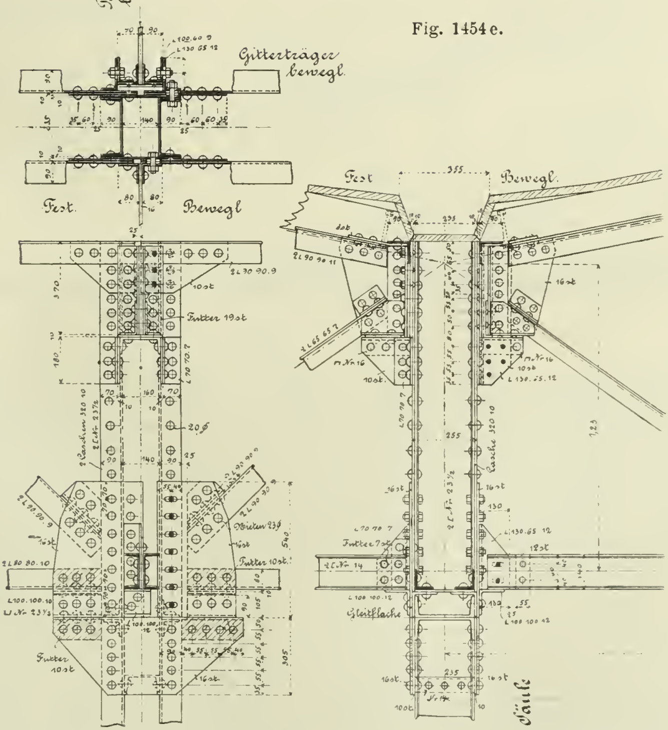


Fig. 1454e.



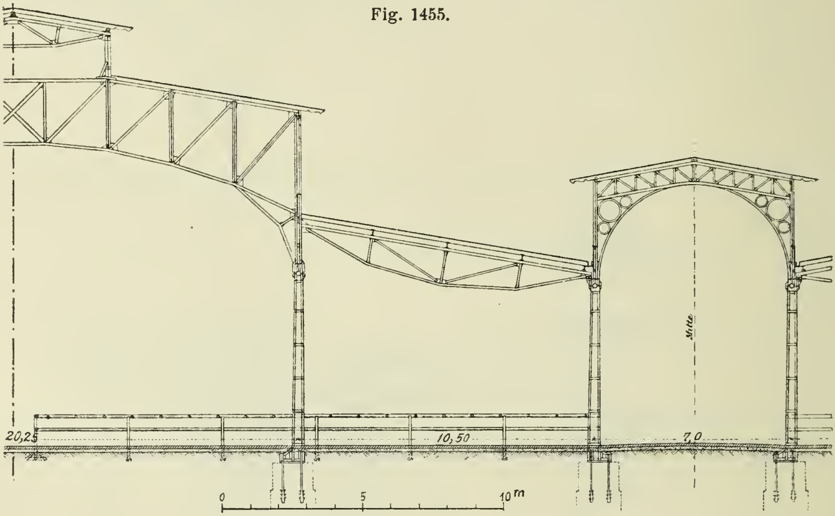
bei dem 15 m weitgespannten Dach des Schiffbauschuppens der Germania-Werft in Kiel. Die Dachfläche ist hier einwärts geknickt, sodass der obere Theil

mit der Steigung 1 : 1 ein gutes Oberlicht ergiebt, während der untere 1 : 3 geneigte, wie hier geschehen, mit Pappe oder auch mit Wellblech abgedeckt werden kann. Die Profile der einzelnen Stäbe sind in der Zeichnung eingeschrieben.

Die Einzelheiten eines nach demselben Grundsatze ausgebildeten Daches von 22,35 m Spannweite, bei welchem das Oberlicht verhältnissmässig kleiner, die Dachbinderhälfte daher nicht mehr symmetrisch ausgebildet ist, wird in Fig. 1453, S. 607, dargestellt. Es ist das Dach eines Wagenschuppens der Grossen Berliner Strassenbahngesellschaft. Die Abbildung zeigt die Auflagerung zweier aneinander stossender Dächer, die sich auf Pfosten stützen, ein Endauflager auf der Schuppenmauer, den Firstknoten und die Ausbildung des Knickpunktes in der Dachfläche. Alle Stäbe, auch die gezogenen sind aus zwei Winkeln hergestellt.

Wegen des gleichmässigen Lichtes, welches durch das doppelseitige Oberlicht einfällt, eignen sich diese Dächer besonders zu niedrigen Werkstätten aller Art. Wie aus den Abbildungen hervorgeht, kann man sie in einfacher Weise aneinanderreihen, sodass sich sehr ausgedehnte Räume damit überdecken lassen.

Fig. 1455.

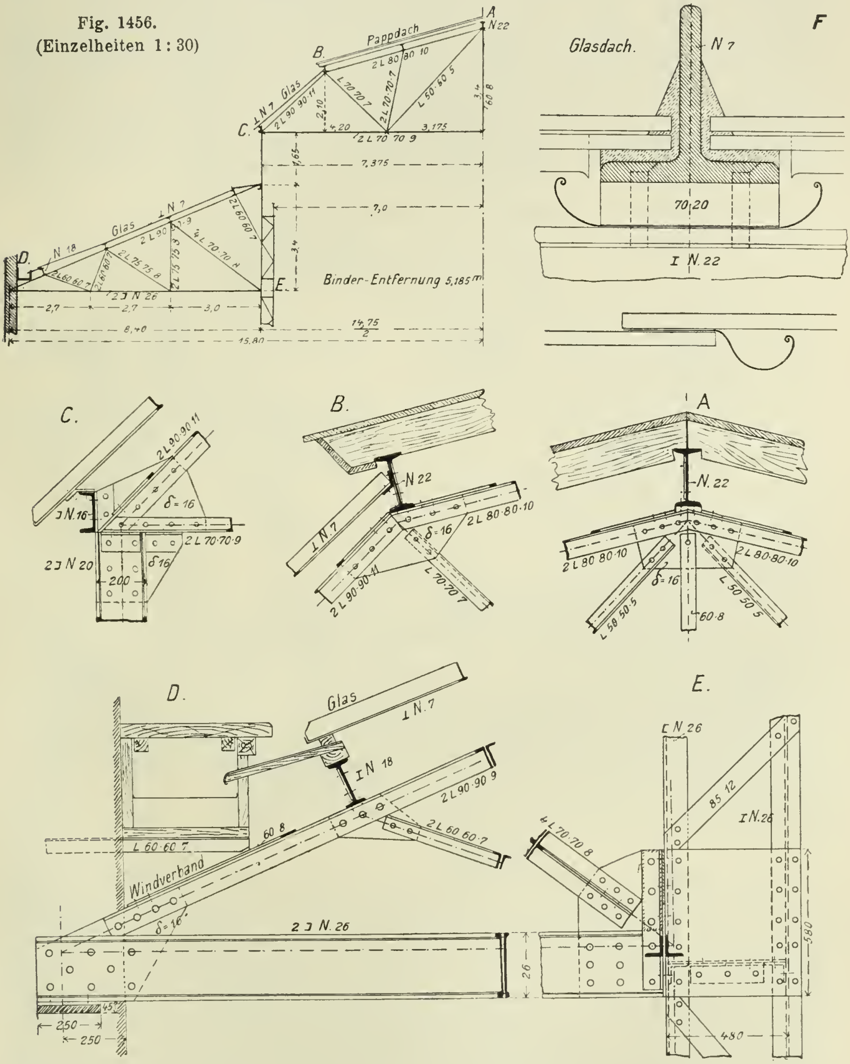


Eine gleichartige Ausbildung der Dachfläche, allerdings bei einem vollständig abweichenden Bindersystem zeigt Fig. 1454a—e, S. 608/9, in Querschnitt, Längsschnitt und Einzelheiten. Es handelt sich um die Ueberdeckung der Dreherei der Maschinenbau-A.-G. vorm. Schwartzkopff in Wildau, Ing. O. Leitholf in Berlin. Die Binder von 12,0 m Spannweite sind einfache Fachwerkbalken, die mit den Stützen abwechselnd fest, bezw. verschieblich verbunden sind, Fig. c, sodass sich die Längenänderungen unter dem Einflusse der Temperatur ausgleichen können und nicht in schädlicher Weise auf die Aussenmauern übertragen. In gleicher Weise ist der Anschluss der die Säulen in der Längsrichtung verbindenden Gitterträger erfolgt. Bemerkenswerth ist noch die Ausbildung der Mittelstütze des Daches, welche den Ventilationsaufsatz mit Lüftungsklappen trägt.

Sind breite Räume durch nebeneinander liegende Hallen zu überdachen, wie dies namentlich bei Ausstellungen, Markthallen, Vieh- und Schlachthöfen oft der Fall ist, so wird man, um Oberlichte in den Dachflächen ganz zu vermeiden, oder um ihre Wirkung zu unterstützen, die Hallen abwechselnd höher und niedriger ausführen, sodass sich hohes Seitenlicht gewinnen lässt. Fig. 1455 zeigt ein solches Beispiel in der Grossvieh-Verkaufshalle des neuen Viehhofes in Köln a. Rh., welches ausserdem erkennen lässt, dass durch eine solche Anordnung auch eine gute architektonische Wirkung zu erzielen ist.

Eine ähnliche Anordnung ergiebt sich häufig in Fabrik- und Werkstatträumen dadurch schon, dass eine Mittelhalle mit Krahnbahn ausgestattet wird, die dann ohnehin einen höheren Raum erfordert. An die höhere Mittelhalle schliessen sich dann seitlich gewöhnlich einfache Pultdächer an. Eine solche Anordnung zeigt Fig. 1456 mit den Einzelheiten $A-F$, welche ein Werkstattgebäude der

Fig. 1456.
(Einzelheiten 1 : 30)



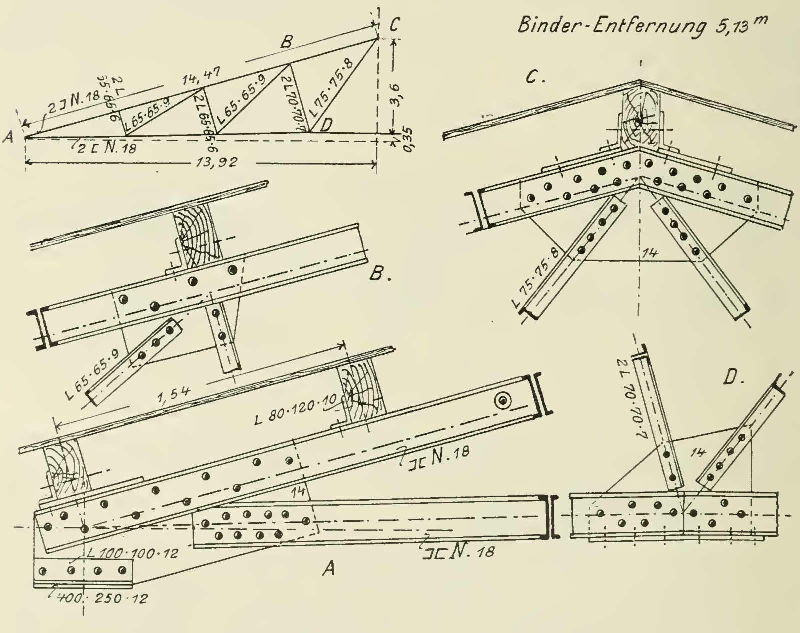
Maschinenfabrik Ludwig Löwe in Berlin wiedergiebt*). Der Zweck, hohes Seitenlicht zu erhalten, wurde hier allerdings nicht verfolgt. Verglast ist vielmehr die ganze Fläche der niedrigeren Seitendächer und der steilere Theil des Mitteldaches längs der Traufkante. Die Konstruktion des Hauptdaches entspricht der in

*) Nach Werkzeichnungen der A.-G. Lauchhammer.

Fig. 1441, No. 16, angegebenen, aus dem Polonceau-System entwickelten Binderform. Die Einzelheiten der Anordnung gehen aus den Abbildungen klar hervor, bedürfen daher keiner besonderen Erläuterung. Der schwere Untergurt des Pultdaches ist bestimmt Wellen und andere Lasten zu tragen.

Der englische Dachstuhl besitzt vor dem Polonceau den Vorzug grösserer Steifigkeit, seine Knotenpunkte lassen sich auch näher zusammen rücken. Er eignet sich daher besser, wenn am Dach noch besondere Lasten, wie Decken usw. aufgehängt werden sollen und ferner besser zur Ausbildung als Pfettendach. Ein Beispiel eines Pfettendaches dieser Art von rd. 27,5 m Spannweite giebt Fig. 1457 von der Wagenhalle der Düsseldorfer Strassenbahn-Gesellschaft. Ober- und Untergurt haben hier ⊐⊏ förmige Ausbildung erhalten mit Stehbolzen-Vernietung, die gedrückten Streben sind aus doppelten, die gezogenen aus einfachen Winkeleisen zusammengesetzt. Die hölzernen Pfetten liegen in 1,54 m Abstand. Den Dachkonstruktionen fällt häufig gleichzeitig die Aufgabe zu, Decken zu tragen.

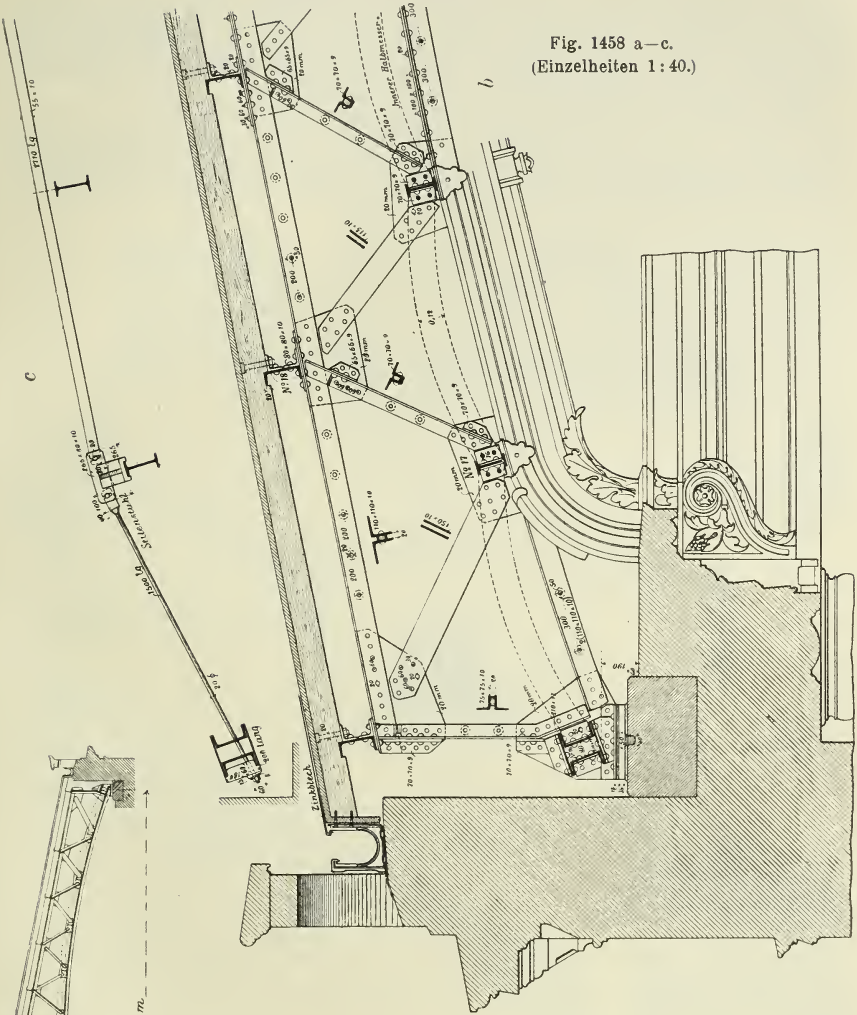
Fig. 1457 A—D. (Einzelheiten 1 : 30)

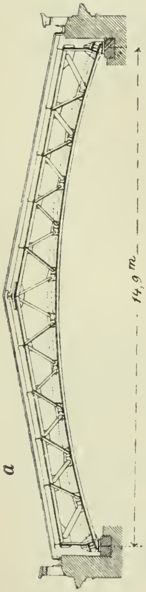


Ein Beispiel der unmittelbarbaren Einwölbung einer Kappendecke in die Dachbinder stellt Fig. 1458 a—c in Uebersicht und Einzelheiten dar. Es handelt sich um das Dach über dem Wartesaal III. und IV. Klasse im Bahnhof zu Bremen.*) Der Fachwerkträger von 14,9 m Spannweite hat bogenförmigen Untergurt, zwischen dessen Knoten I Eisen als Widerlager für die gewölbten Kappen eingenietet sind. Zwischen den Auflager-Knotenpunkten ist ein kastenförmiger Träger als Endwiderlager eingelegt. Der Schub der Gewölbe wird in der Mitte zwischen je zwei Bindern aufgenommen durch einen über den Kappen auf den I Eisen mit gusseisernen Stühlen aufgelegten Anker aus hochkantigen Flacheisen (im Endfeld Rundstangen), der der Biegung folgend und demgemäss aus einzelnen durch Drehbolzen zusammengesetzten Theilen hergestellt werden musste. Die aus der massiven Decke vortretenden Untergurte der Binder, welche stetig gebogen sind, und die Unterflanschen der I Eisen sind mit Zink verkleidet.

*) Nach Bremen und seine Bauten bezw. Zeitschr. d. Hannover'schen Arch.-Vereins 1892.

Fig. 1458 a—c.
(Einzelheiten 1 : 40.)





Die Binder liegen in rd. 5 m Entfernung, die Kappen sind rd. 1,50 m weit gespannt. Alle Einzelheiten gehen aus den Abbildungen hervor.

Meistens werden die Decken aber nicht unmittelbar mit den Dachbindern verbunden sein, was sich namentlich bei grösseren Spannweiten für Massivdecken nicht empfiehlt, da sich sonst die Temperatur-Bewegungen des Eisens in schädlicher Weise auf die Decke äussern können. Letztere wird vielmehr in solchen Fällen zweckmässigerweise frei beweglich an der Dachkonstruktion aufgehängt. Ein in allen Einzelheiten durchgeführtes Beispiel giebt die Fig. 1397 auf S. 579. Es handelt sich hier zwar nicht um eine gewölbte Decke, aber der Grundgedanke der Anordnung bleibt auch in letzterem Falle derselbe, da es immer nur

darauf ankommen kann, ein eisernes Rahmwerk, zwischen welches sich Kappen spannen oder gegen welches sich Vouten stützen, an den Dachbindern frei aufzuhängen. Weitere Ausführungen dieser Art finden sich noch späterhin bei dem Kapitel über Oberlichtkonstruktionen, die ja meist nichts anderes sind als eiserne Decken, bei denen das Rahmwerk mit Glas ausgefüllt ist.

Ein weiterer Träger mit nach der Bogenlinie geformtem Untergurt zeigt Fig. 1459 a—d in dem Dache des Retortenhauses der kgl. Porzellan-Manufaktur in Berlin von 22 m Stützweite. Die Vertikalen sind auf Druck, die Diagonalen auf Zug beansprucht. Da eine derartige Konstruktion stärkere Durchbiegungen

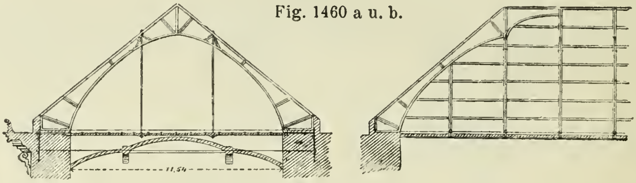


Fig. 1460 a u. b.

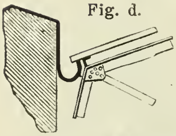


Fig. d.

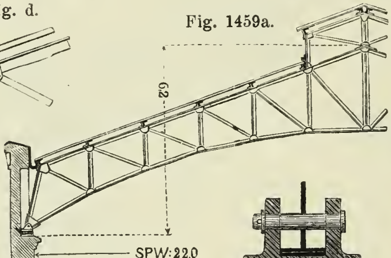


Fig. 1459a.

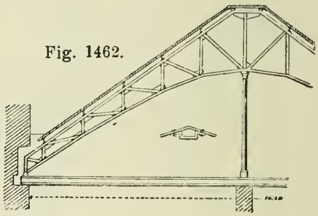


Fig. 1462.

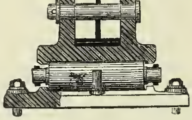


Fig. 1459c.

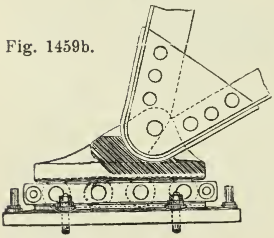


Fig. 1459b.

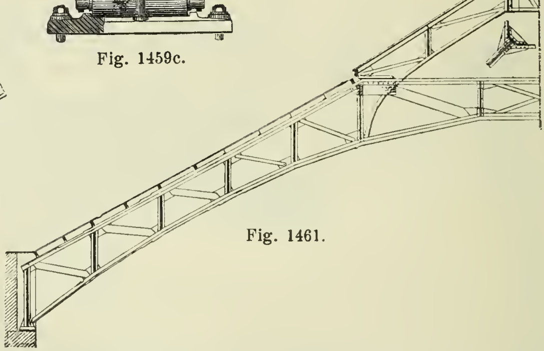


Fig. 1461.

erleiden wird, sind die Lager als Kipplager ausgebildet, vergl. b und c. Das bewegliche Lager ruht ausserdem auf Rollen, deren Bewegung durch Stifte begrenzt wird. Die Trägerenden sind derart ausgebildet, dass Regen und Schnee hinter der verdeckenden Attika in geringer Tiefe unter der Oberkante der letzteren aufgefangen werden kann, Fig. d. Vereisung und Schneeverstopfungen sind hier ausgeschlossen, da im Hause stets eine hohe Temperatur herrscht. Mit Rücksicht auf die sehr grossen Temperaturschwankungen im Gebäude, welche starke Formveränderungen des Binders zur Folge haben, und mit Rücksicht darauf, dass zahlreiche Schornsteine am Dache aufgehängt sind, ist derselbe trotz der geringen Binderentfernung von nur 3 m etwas schwer geworden.

Dachformen, wie sie in den Fig. 1460—1464 dargestellt sind, empfehlen sich überall da, wo es darauf ankommt, den Dachraum noch auszunutzen, also denselben möglichst von Konstruktionstheilen frei zu halten. Fig. 1460 a und b

giebt das Dach über der westlichen Vorhalle (Harlay-Hof) des Pariser Justizpalastes wieder. Der Träger ist mit Rücksicht auf grössere Feuersicherheit aus vollen Blechträgern hergestellt und trägt an Zugstangen eine (Pariser) Schutzdecke über dem 11,54 m weit gespannten Gewölbe der Halle. Die Binder sind vollständig mit Gips umhüllt, die Dachflächen in Gipsmauerwerk ausgefacht und mit Schiefer auf Schalung eingedeckt. Der Dachraum dient als Aktenniederlage.

Fig. 1463.

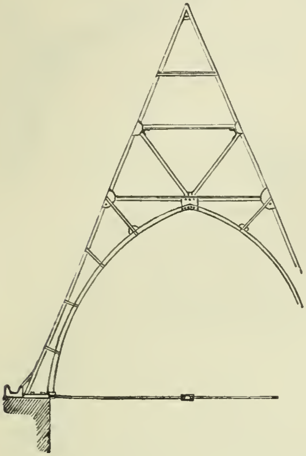
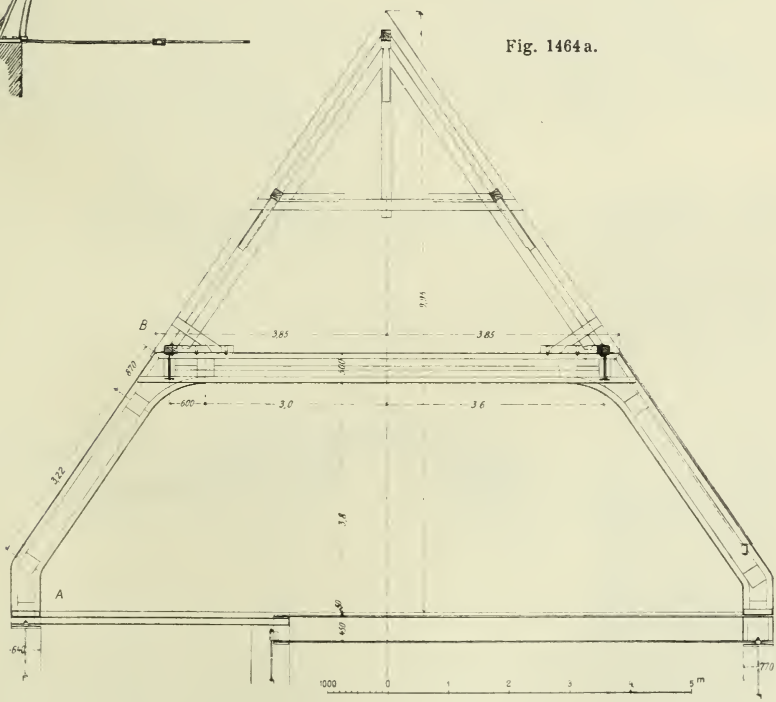


Fig. 1461 zeigt ein ähnliches System wie Fig. 1459, aber steiler ansteigend, um an Dachraum zu gewinnen. Es ist der 26,5 m weit gespannte Binder über dem Sitzungssaale des Parlamentsgebäudes in Brüssel. Die Gurtungen sind hier durchlaufend aus demselben Winkelprofil hergestellt. Die Querschnittsverstärkung nach der Mitte zu wird durch aufgelegte Lamellen erzielt.

Fig. 1462 zeigt eine Anordnung, die äusserlich der vorigen entspricht, durch Benutzung einer Mittelstütze aber thatsächlich ein anderes System wird, da wir es nun mit einem Balken auf

Fig. 1464 a.



drei Stützen zu thun haben. Wir kommen auf solche Anordnungen noch später zurück.

Die Aufgabe, den unteren Theil des Daches von Konstruktionstheilen frei zu halten, ist häufig bei Kirchendächern zu lösen. Als einer der ersten Versuche, das hölzerne Kirchendach durch ein eisernes zu ersetzen, sei in Fig. 1463 das

Dach des Kölner Domes*) wiedergegeben, das Dach besteht aus je zwei in 3,38 m Entfernung stehenden Bindern. Die Gurte sind aus **T** Eisen gebildet, die mit Flacheisen verbunden sind. Die gusseisernen Schuhe sind zur Aufhebung von

Fig. 1464 b.
(1 : 30)

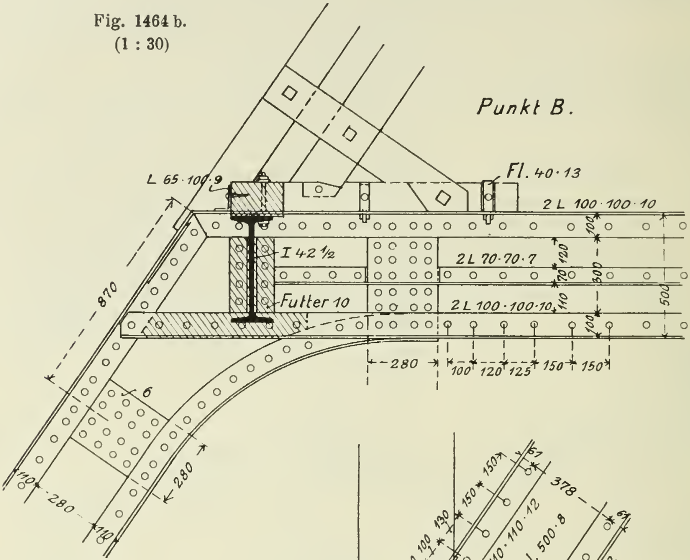
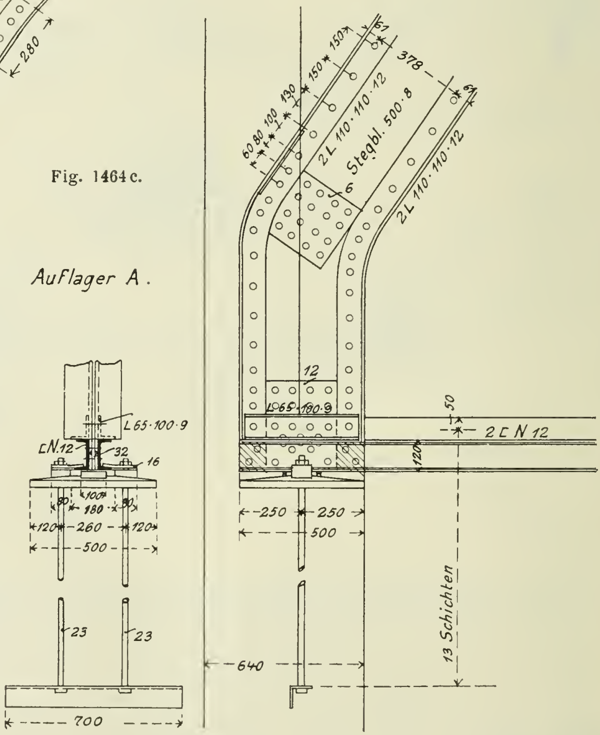


Fig. 1464 c.



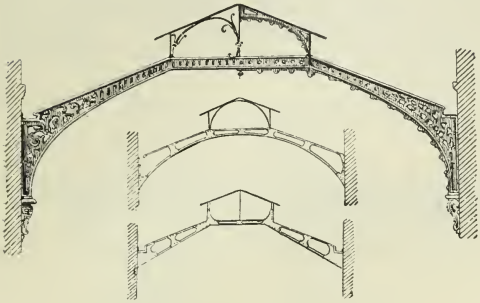
Schubwirkungen durch eine Spannstange verbunden.

Eine besondere Ausbildung eines den vorher aufgeführten entsprechenden Daches stellen wir in Fig. 1464 a—c dar. (Ing. O. Leitholf.) Es war hier die Aufgabe gestellt, im Dachraum noch eine Zwischendecke einzuschieben. Der untere Theil des Daches ist daher als genieteter trapezförmiger Träger ausgeführt, der gleichzeitig die Decke bildet. Darauf ist der Rest des Satteldaches als einfache Sparrenkonstruktion in Holz aufgesetzt. Die untere Decke nimmt den Schuh der Binderfüsse, die auf den Mauern stumpf aufsitzen, auf. Das Dach hat 12,13 m Spannweite, die Binder liegen in 26,2 m Entfernung.

*) Ausführliche Darstellung siehe in Zeitschr. für Bauwesen 1862.

Ueberdeckungen von Lichthöfen (Pariser Ausführungen) stellt schematisch die Fig. 1465 a—c dar. Die Gurte bestehen bei b und c aus T Eisen, die durch Laschen mit einander verbunden sind. Fig. a, 15 m weit gespannt, ist als Blechträger (mit ausgeschnittenen Blechen) hergestellt. Gurtwinkel 50 . 50 . 6 mm, Binderentfernung 5 m.

Fig. 1465 a, b und c.



Falls die Binderfüsse nicht mit Zugstangen verbunden sind, so üben sie natürlich einen Schub auf die Umfassungswände aus. Sie gehören also eigentlich zu den gesprengten Konstruktionen.

3. Beispiele für mehrfach unterstützte Dachbinder.

Falls sich die Gelegenheit bietet, Zwischenmauern oder Säulenstellungen als Zwischenstützpunkte zu benutzen, so wird man sich, falls es nicht darauf ankommt, eine frei tragende Konstruktion zu schaffen, deren gern bedienen. Man wird dann aber, um den Schwierigkeiten zu entgehen, welche sich aus der einheitlichen Auflagerung eines festen Trägers auf mehreren Stützpunkten ergeben, die Träger über oder auch neben den Stützen theilen, sodass sich dann einfache Träger auf zwei Stützen oder Kragträger-Anordnungen ergeben.

Fig. 1466.

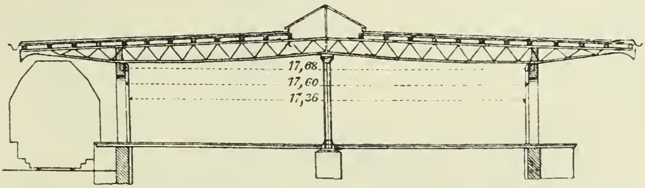


Fig. 1467.

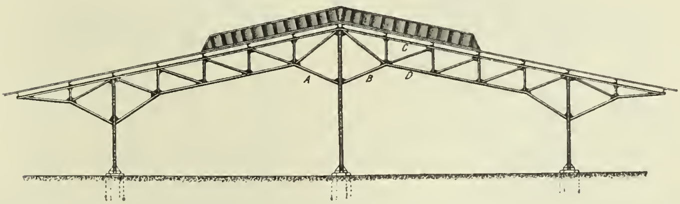


Fig. 1466 stellt ein Beispiel ersterer Art, einen Lagerschuppen im Bremer Hafen dar*) mit einer Mittelstütze. Ueber dieser sind die oberen Stäbe mit ovalen Bolzenlöchern angeschlossen, das Dach verwandelt sich also in zwei getrennte Pultdächer mit gemeinsamem Auflager. Ein zweites Beispiel zeigt Fig. 1467. Das System wird statisch bestimmt, wenn die unteren Streben A u. B oder eine der Streben C bezw. D mit ovalen Bolzenlöchern angeschlossen werden.

Sind sehr viele Stützpunkte vorhanden, wie z. B. bei einem Speicher, Lagerhause oder einer Fabrik mit durch alle Stockwerke durchgehenden Säulen-

*) Aus Bremen und seine Bauten.

stellungen, so kann man diese auch im Dachgeschoss fortführen und das Dach dann ebenso ausbilden wie eine Decke. Fig. 1468 giebt ein solches Dach von der Spinnerei J. Liebermann in Falkenau wieder*). Das ganz flache Dach besteht hier nur noch aus Sparren in 1 m Abstand, **I** Eisen Norm.-Prof. No. 17, die sich auf Unterzüge stützen und eine Stampfbeton-Decke tragen. Ueber den Trägeroberflansch ist noch eine durchgehende Betonschicht von 4 cm Stärke gestreckt, darauf ruht das Holzzementdach.

Fig. 1468 a—c (1 : 30).

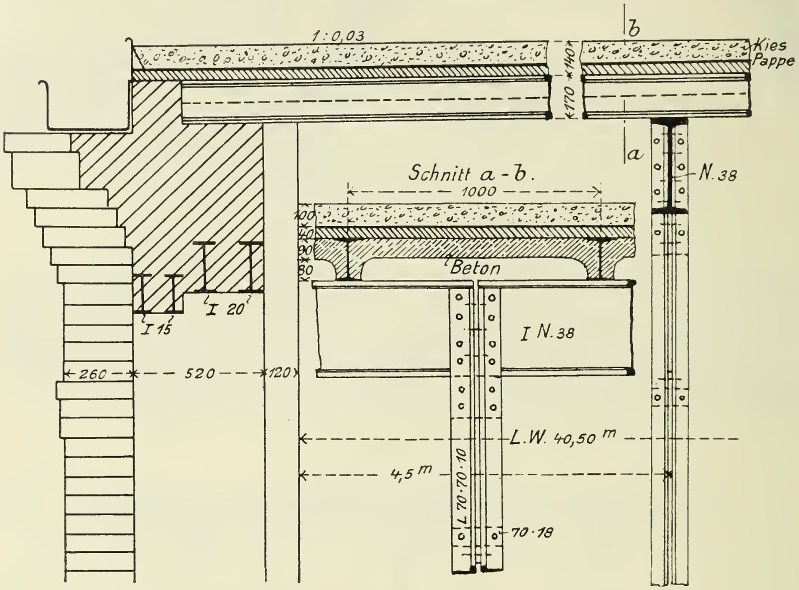
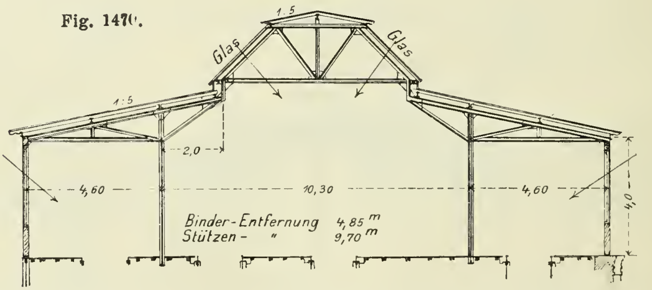


Fig. 1470.



Will man sich die Vorzüge der mehrfachen Stützung ohne ihre Nachtheile zu Nutze machen, so kommt man zu den Kragträger-Konstruktionen. Fig. 1442, S. 600, zeigt das Beispiel des Bergbaugebäudes auf der Weltausstellung in Chicago 1893. Die dreischiffige Halle hat in den Seitenhallen je 17,52 m Spannweite. Die Binder desselben treten um je 10,52 m in die 35,0 m weit gespannte Haupthalle vor und tragen auf ihren freien Enden das Oberlichtdach. Es ist gewöhnlich angenommen worden, dass bei dieser Ausführung zum ersten Male dieses im Brückenbau schon länger beliebte System verwendet worden sei. In einem Artikel der „Schweizerischen Bauzeitung“ 1898, Bd. XXXI, S. 38, wird

*) Nach Werkzeichnungen der A.-G. Lauchhammer.

jedoch nachgewiesen, dass solche Ausführungen in Russland schon länger sehr beliebt waren. Das erste Beispiel rührt von Prof. Jasinski her, der in dieser Weise eine Lokomotivwerkstätte der Nikolai-Bahn umbaute. Fig. 1469 a—d giebt dieses Beispiel nach obiger Quelle in Querschnitt, Längsschnitt, Endauflager des Kragträgers und Auflagergelenk des als Dreigelenkbalkens ausgebildeten

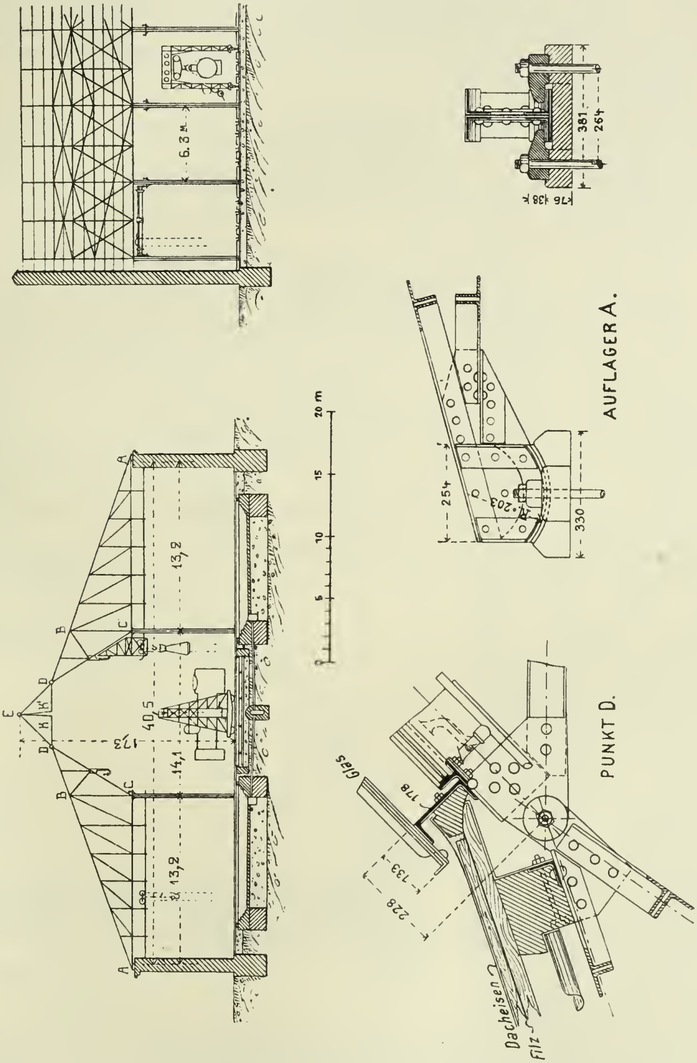


Fig. 1469 a—e.

Oberlichtes. Letztere Anordnung hat den Vorzug, dass sich der auf das Oberlicht entfallende Winddruck auf beide Kragarme vertheilt. Die Endauflager sind so ausgebildet, dass zwar freie Drehung ermöglicht, ein Abheben aber durch die Klemmbacken verhindert wird. Die Dachbinder dieses Beispiels sind etwas schwer ausgefallen, da sie die Aufgabe haben, schwere Lasten zu tragen (Krahnwagen von 3,3 ^{t} Tragfähigkeit, 4,9 ^{t} Gewicht bei Vollbelastung).

Ein ähnliches Beispiel aus jüngster Zeit für einen Getreidespeicher im neuen Hafen in St. Petersburg hat bei 12,2 m mittlerer und je 9,7 m seitlicher Stützweite, 3,2 m Binder- und 6,4 m Stützenentfernung nur 18,7 kg Gewicht ohne und 24,1 kg Gewicht mit den Stützen für 1 qm Grundfläche, d. h für solche Spannweite ein ausserordentlich geringes Gewicht.

Fig. 1470, S. 618, stellt das System des Wagenschuppens der elektrischen Hochbahn in Berlin an der Warschauer Brücke dar. Das Mittelfeld nebst Oberlichtaufsatz ist hier ungewöhnlich weit im Verhältniss zu den Kragträgern, die infolge dessen mit den hinteren Enden mit den Fachwerkstützen der Aussenwände fest verbunden werden mussten.

Ganz ungewöhnliche weite Spannung besass die Maschinenhalle der Genfer Ausstellung 1896, die später als Kokeshalle der Gasanstalt in Zürich wieder Verwendung gefunden hat.*) Die Halle hat eine Gesammtbreite von 88 m, wovon 38 m auf den Abstand der beiden Stützenreihen, je 25 m auf die Seitentheile entfallen. Die Binder liegen dabei in dem bedeutenden Abstande von 14,5 m. Wir kommen auf diese grosse Ausführung in dem Kapitel Hallen-Dächer noch des Näheren mit Abbildungen zurück.

4. Beispiele für Mansarde-Dächer.

Gleichwie die Mansarde-Dächer erst von Frankreich auf uns überkommen sind, so ist die Ausbildung derselben in Eisen französischen Ursprungs. Auch im einfachen Wohnhausbau finden sich dort zahlreiche Ausführungen dieser Art. Die Anordnung entspricht der Ausführung in Holz - Eisen, Fig. 1446, S. 603, jedoch meist unter Weglassung der Mittelstütze, sodass der ganze Dachraum frei bleibt. Der flache, sattelförmige Mitteltheil ist also wie ein Satteldach kleinerer Spannung ausgebildet und stützt sich beiderseits auf die steileren Sparren. An den Knickpunkten der Dachfläche sind Bleche eingelegt, sodass das Ganze zu einem steifen Rahmen wird.

Fig. 1471 giebt ein Beispiel vom Hauptpostgebäude in Paris.**) Der Dachraum dient hier zur Aufbewahrung von Akten und hat noch eine obere wagrechte Decke unter dem Dache erhalten, die unmittelbar zwischen den Untergurt der fachwerkförmigen oberen Dachbinder eingespannt ist. Im unteren Dachtheile sind die Binder als volle Blechträger ausgebildet. Die Spannweite des Daches ist 12,80 m, die Gesammthöhe 6,40 m von Oberkante-Decke des letzten Geschosses bis zum Dachfirst. Ein ähnliches, ebenfalls französisches Beispiel stellt Fig. 1472a—d dar. Die Dachkonstruktion entstammt dem Rathhaus zu Paris. Die Konstruktion der steilen Dachfläche und der oberen Abschlussdecke ist hier einfach zu einem trapezförmigen steifen, genieteten Rahmen zusammengezogen. Die Einzelheiten der Anordnung gehen aus Fig. b—d hervor.

Fig. 1471.

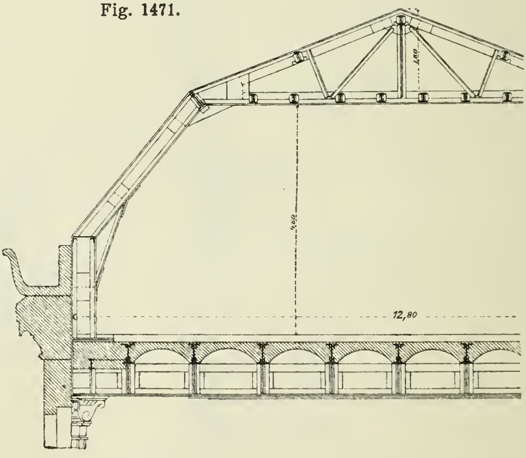


Fig. 1473 giebt das Mansardedach eines Pariser Miethhauses wieder, das durch Guss-Zwischendecken in mehrere Stockwerke getheilt ist. Ausbildung der Konstruktion in I Eisen.

*) Vergl. Génie civil, Bd. XXX, 1896, Tafel I.

**) Die Beispiele Fig. 1471 u. 1472 sind aus Contag „Neuere Eisenkonstruktionen des Hochbaues in Frankreich und Belgien" entnommen.

Fig. 1474 zeigt das Dach eines französischen Landhauses. Die ganze Kon-

Fig. 1472 a—d.

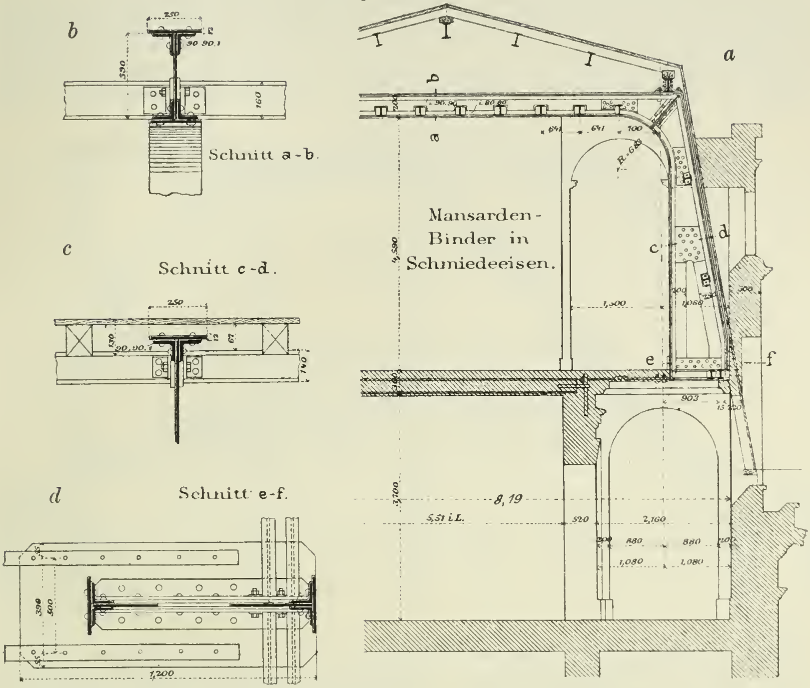


Fig. 1473.

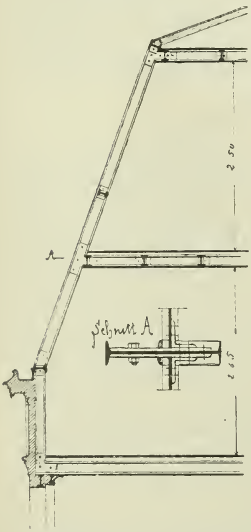
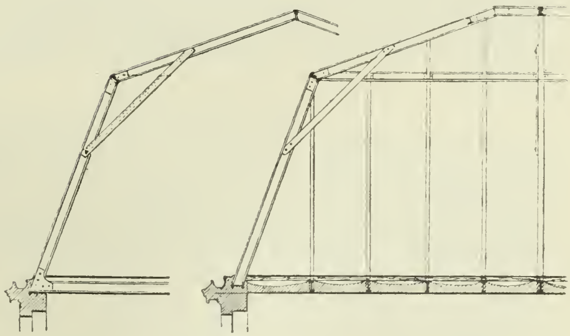


Fig. 1474.

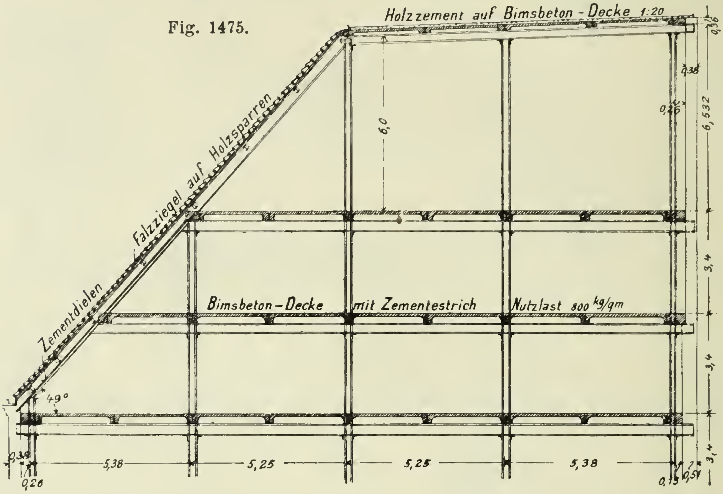


struktion besteht nur aus einem in der Dachfläche liegenden Rahmen aus **I** Eisen. Die Stabilität wird lediglich durch eine Eckversteifung, durch Laschen und aufgeschraubte Winkel hergestellt. Binderentfernung 5 m. Die Binder und Zwischensparren sind in 80 cm Abstand durch 14 mm starke Rundeisen mit einander verbolzt. Die Gefache sind mit Gipsmauerwerk ausgefüllt, in welches 5 cm

starke Lagerhölzer eingreifen, an welchen die Schalung befestigt wird. Der steile Theil wird mit Schiefer, der flache mit Zink gedeckt.

Auch bei Mansardedächern kann die Dachkonstruktion durch Stützen getragen werden, sodass die Binder nur noch aus frei aufliegenden Balken bestehen. Ein Beispiel giebt Fig. 1475 vom Kühlhaus der A.-G. für Markt- und Kühlhallen in Berlin*), das allerdings kein volles Satteldach darstellt. Die Konstruktion würde für ein solches aber in gleicher Weise ausgeführt werden können. Die

Fig. 1475.



Binder bestehen aus Walzeisen von I Profil und liegen entsprechend dem Abstand der Stützen in 4,5 m Entfernung. Zwischen sie sind I förmige Pfetten eingespannt. Der steile Dachtheil ist auf Holzsparren und Lattung mit Falzziegeln gedeckt. Im flachen Theile (Steigung 1 : 20) ist eine Bimsbetondecke aufgelegt, darauf Holzzement. In das Dachgeschoss sind noch zwei Zwischendecken, ebenfalls Bimsbeton mit Zementestrich (Nutzlast 800 kg/qm) eingeschoben. Das untere Dachgeschoss hat auch in der Dachfläche noch eine Innendecke aus Zementdielen erhalten.

5. Beispiele für Tonnendächer.

Die Tonnendächer besitzen eine zylindrische, also stetig gekrümmte Oberfläche. Sie sind daher namentlich für Wellblechdeckungen geeignet oder für Monierkonstruktion usw., d. h. für Deckungen, die sich der Krümmung leicht anpassen lassen. Als Bindersystem kommt inbetracht: 1. der einfache Fachwerkträger mit gekrümmtem Obergurt, wagrechtem Untergurt, dessen Höhe also mit dem Biegungsmoment wächst ($h = {}^1/_8\, l$). Die Knoten des Obergurtes liegen auf einem Kreise oder einer Parabel, vergl. Fig. 1476 u. 1477 a—c, erstere für Wellblech, letztere für Gipsputzdeckung mit Dachpappe,**) 2. mit gekrümmtem Ober- und Untergurt, Sichelträger, vergl. Fig. 1478 a und b, welche das Dach vom Martinwerk des Eisenwerkes Lugansk von 28,35 m Spannweite, bei 5,55 m Binderentfernung, nebst den Einzeltheilen des Auflagerknotenpunktes wiedergiebt. (Die Gründe für die Wahl solcher Trägerformen bei Spannweiten über 25 m sind auf S. 600 angeführt), 3. der Bogen mit durch wagrechter oder ansteigender Zugstange aufgenommenem Schub, der also, wie ein gewöhnlicher Balkenträger auf zwei Stützen nur senkrechte Auflagerdrucke erzeugt und nach Fig. 1479 für kleinere Spann-

*) Nach Werkzeichnungen der Maschinenfabrik Nürnberg (Gustavsburg).

**) Die Fig. 1476 u. 77 sind dem Musterbuch der Tillmanns'schen Eisenbaugesellschaft in Remscheid entnommen.

weiten als voller Blechbogen, für grössere als Fachwerkbogen hergestellt wird. Hierhin gehören auch die Wellblechdächer ohne Unterkonstruktion, die also nur aus gebogenem Trägerwellblech mit Zugstange bestehen. Vergl. Fig. 1480 a und b. (Vergl. auch das spätere Kapitel über Metalldeckung mit Beispielen dieser Art), 4. das eigentliche Bogendach, bei dem also der Schub des Bogens sich in die Auflager und damit in die Stützen oder Umfassungswände überträgt. Diese Anordnung kann wegen der ungünstigen Beanspruchung der Mauern

Fig. 1476.

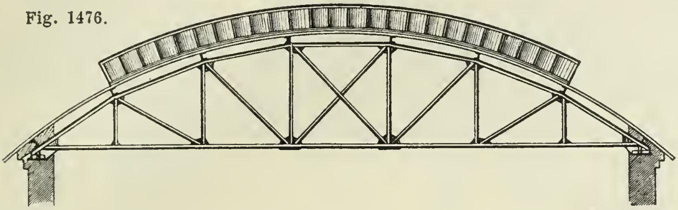
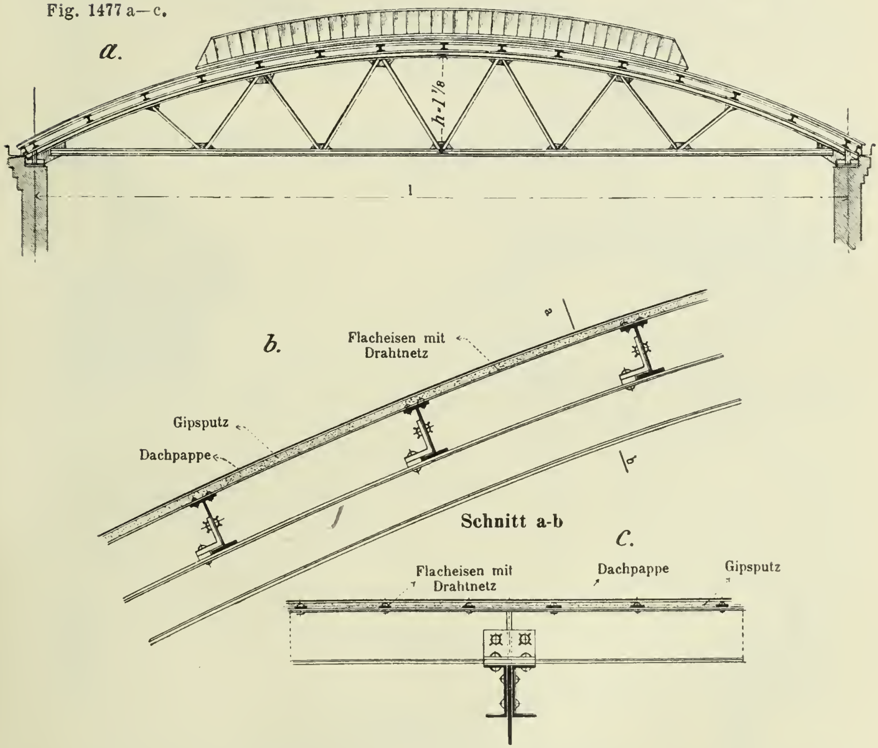


Fig. 1477 a—c.



im Hochbau nur in besonderen Fällen in Anwendung kommen. Man zieht es daher bei Hallenkonstruktionen, für welche der Bogenträger hauptsächlich in Anwendung kommt, meistens vor, die Schenkel desselben unmittelbar bis zu den Fundamenten fortzuführen, so dass nur wenig geneigte Auflagerkräfte auftreten können. Wir behandeln die Bogendächer noch gesondert und verweisen auch ausserdem auf das Kapitel über Hallendächer, da diese Anordnung vorwiegend für weitgespannte Konstruktionen inbetracht kommt.

c. Pultdächer.

Pultdächer sind im allgemeinen nichts weiter als halbe Satteldächer, werden also nach denselben Grundsätzen meist als einfache Balken auf zwei Stützen ausgebildet. Von den beiden, in verschiedener Höhe liegenden Auflagern ist das eine (gewöhnlich das obere) fest, das andere verschieblich auszubilden. Für die Binder-Sparren kommt bei kleinen Spannweiten der einfache Walzträger, der armirte Balken mit einfachem oder doppeltem Hängebock, der genietete und der Gitterbalken, schliesslich der Fachwerkträger in den verschiedensten Formen in Anwendung.

Fig. 1478 a.

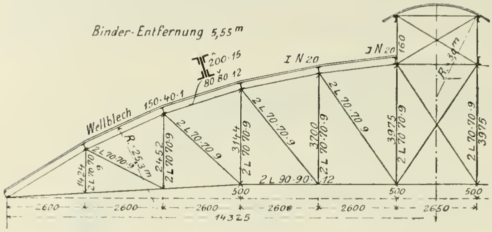


Fig. 1478 b. (1 : 30)

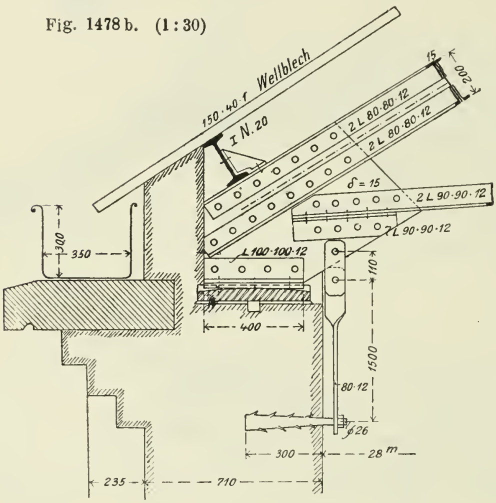
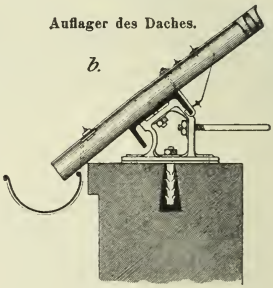


Fig. 1480 b.

Auflager des Daches.



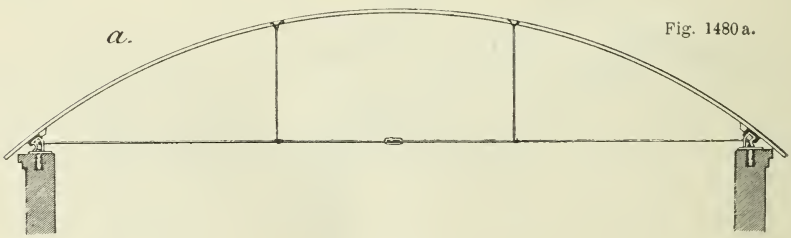


Fig. 1480 a.

Fig. 1479.

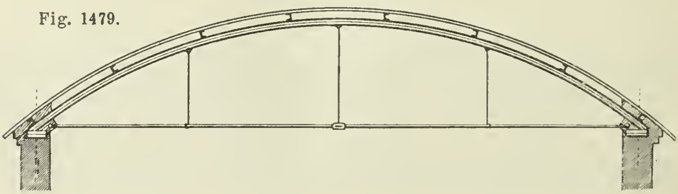
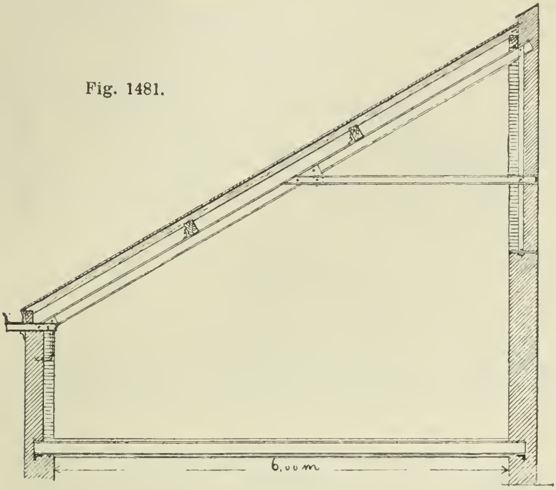


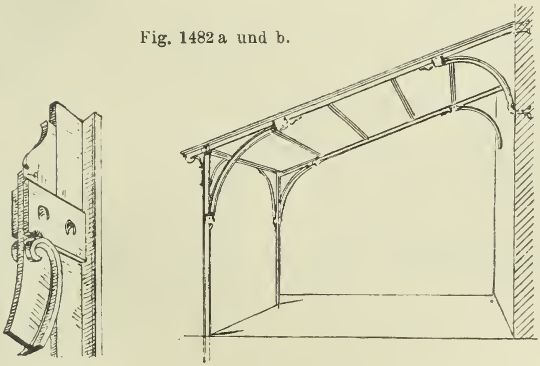
Fig. 1481 zeigt eine Ausbildung, wie sie für das Pultdach eines Berliner Seitenflügels geeignet ist. Die Binder bestehen aus an beiden Enden verankerten I Eisen (eine Anordnung, die natürlich nur bei kleiner Spannweite zulässig ist) und einer Zange aus][Eisen, welche den Schub auf die Mauer zumtheil aufhebt. Wenn die Raumverhältnisse es zulassen, ist es natürlich günstiger, diese Zange an das Fussende des geneigten Balkens zu legen.

Fig. 1481.



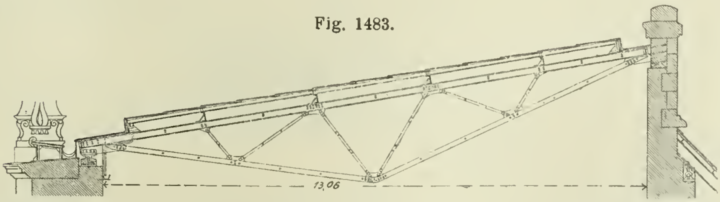
Ein leichtes Gartenhallendach ähnlicher Anordnung ist in Fig. 1482a und b dargestellt, bei welchem gebogene Streben den Uebergang aus der Dachfläche zur Mauer bezw. Stütze vermitteln und die freie Spannweite der Sparren verringern. Die Halle ist bei 3,5 m Spannweite in den Pfosten aus ⊥ Eisen 60 . 60 . 7 mm, Sparren 50 . 100 . 7 mm, Pfetten 50 . 80 . 6 mm und gebogenen Streben 50 . 50 . 6 mm hergestellt, mit Zinkdeckung auf Schalung.

Fig. 1482 a und b.



Eine Ueberdeckung mit Fachwerkbalken giebt Fig. 1483 (Decke über dem Archiv des deutschen Reichstagsgebäudes). Die Träger sind bei rd. 14,0 m Spannweite im Obergurt aus][Eisen, im übrigen aus doppelten Flacheisen

Fig. 1483.



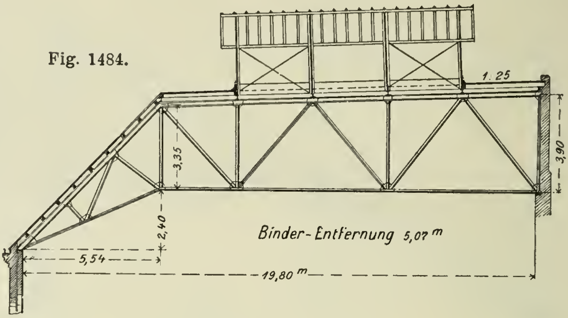
gebildet. Sie sind am oberen Ende mit Kipplager, am unteren mit Rollenlager versehen.

Auch bei den Pultdächern lassen sich natürlich gebrochene Dachflächen herstellen, sowohl nach Art des Mansardedaches, wie nach Art der Fig. 1452, S. 607.

In letzterem Falle ist das halbe System (ohne wagrechte Zugstange) ohne weiteres als Dachbinder des Pultdaches verwendbar. Eine solche Anordnung zeigt z. B. eine Wagenreparatur-Werkstätte in Hannover, wo ein Dachsystem bezeichneter Art mit einem halben Binder an der Umfassungswand abschliesst.

Ein freitragendes Dach mit mansardeartig gebrochener Dachfläche ist in Fig. 1484 dargestellt. Es ist das Dach des Maschinen- und Kesselhauses der Kühl- und Markthallengesellschaft in Berlin. Vergl. hierzu auch das Dach Fig. 1475, S. 622. Bei 19,8 m Stützweite liegen die Binder in 5,07 m Entfernung.

Fig. 1484.



Liegen niedrige Pultdächer vor höheren Mauern (wie z. B. Bahnsteigdächer in Bahnhöfen), so werden die Trägerenden häufig auf besondere Pfeilervorlagen aufgelagert, oder auch in Nischen der hohen Wände. Es sind dann Schrägstühle zu konstruiren nach Art der Darstellungen in Fig. 1215 u. 1216, S. 516.

d. Ueberhängende Dächer
über Unter- und Vorfahrten, Wandelbahnen, Ladebühnen, Bahnsteigen usw.

Derartige Dächer können in Verbindung mit Pult- und Satteldächern hergestellt werden, deren Binder einfach über die Umfassungswände bezw. Stützen noch um ein gewisses Maass vorgekragt werden, oder es sind selbständige Auslegerkonstruktionen, die nur einseitig an einer Wand bezw. an einer Stütze gelagert sind. Das Auflagerende muss dann natürlich mit dem Mauerwerk bezw. der Stütze fest verankert sein, um dem Kippmoment des Daches entgegen zu wirken.

Die letztere Art der Anordnung kommt namentlich bei Vordächern über Hauseingängen und bei Vorfahrten inbetracht, bei denen Stützen im Interesse der Verkehrsfreiheit ganz vermieden werden sollen. Für erstere genügt meist schon ein Vorsprung des Daches von 1,5 m, für letztere von 2—2,5 m (d. h. also für eine Wagenbreite ausreichend). Die Fig. 1485—1493 zeigen derartige Dächer in gefälliger Ausführung. Die Deckung kann unmittelbar mit Glas erfolgen, wie in einigen der Beispiele angedeutet, oder auf Schalung in beliebiger Weise. Ist ein Auffangen des Wassers durch eine Dachrinne erforderlich, so bieten die Dächer mit Neigung nach vorn Schwierigkeiten, da sich der Anschluss von der Dachrinne am Vorderrande des Daches zu den Abfallrohren am Hause nur schwer und jedenfalls nur unschön bei ganz freiliegenden Dächern herstellen lässt. Für diesen Fall ist daher eine Rückwärtsneigung des Daches nach dem Hause zu günstiger, da dann die Rinne am Hause selbst angebracht werden kann, und der Anschluss an die Regenrohre keine Schwierigkeiten bietet.

Grössere Vordächer erhalten als Binder regelrechte Fachwerkträger nach dem Schema der Fig. 1494—1496. Die Verankerung der Gurtenden erfordert dann aber kräftige Wände. Günstiger ist dann u. Umst. die Aufhängung nach oben nach Fig. 1497. Bei grösserer Ausladung ist auch in diesem Falle der Binder als Fachwerkbalken zu gestalten.

Langhingestreckte Dächer dieser Art wirken langweilig und stören ausserdem leicht die architektonische Wirkung des Gebäudes. Um dem zu begegnen, kann man die Dachflächen in senkrecht zur Gebäudefront gerichtete einzelne Querdächer auflösen, die sich in ihrer Form dann auch der Gliederung des Gebäudes anpassen lassen. Ein Beispiel solcher Anordnung zeigt Fig. 1498 a—d von dem 5 m weit vortretenden Dache über der Vorfahrt am Bahnhof Alexander-

Fig. 1485.

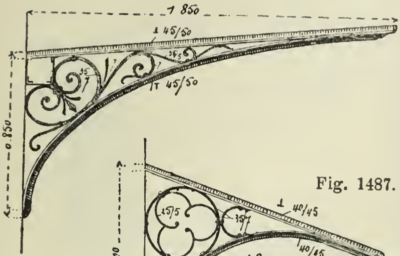


Fig. 1486.

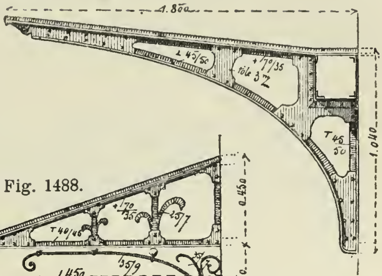


Fig. 1487.

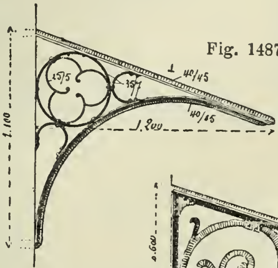


Fig. 1488.

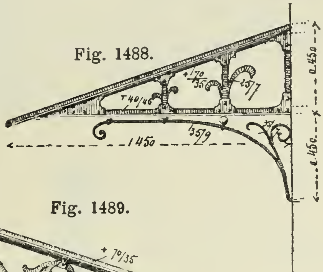


Fig. 1489.

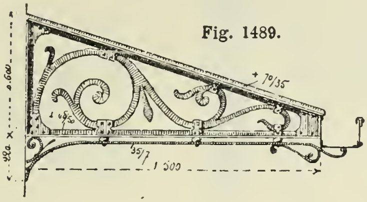


Fig. 1490.

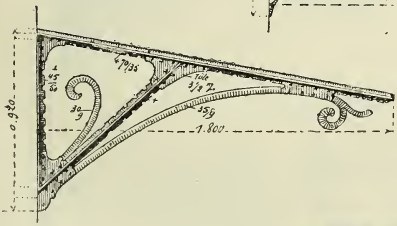


Fig. 1491.

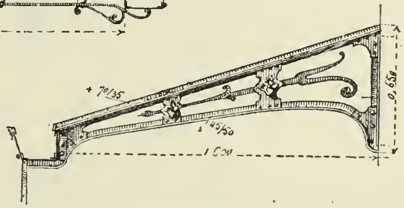


Fig. 1492.

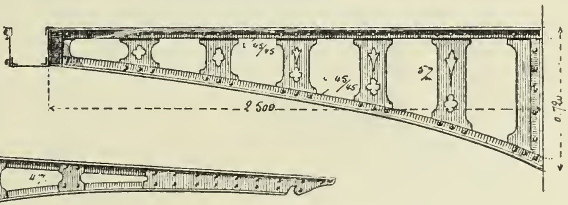
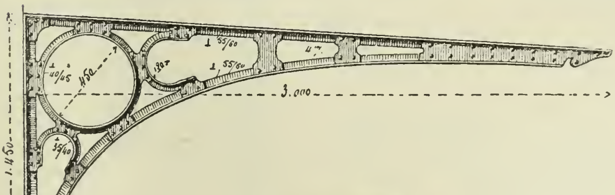
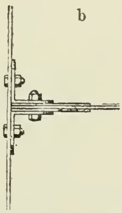


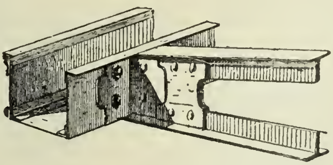
Fig. 1493.



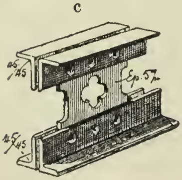


b

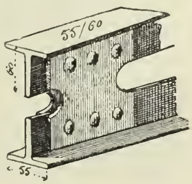




c



d



a, b, c, d
Einzelheiten zu Fig. 1492.

Platz der Berliner Stadtbahn. Die Dachfläche ist hier zerlegt in grössere Bogendächer

Fig. 1494 u. 1495.

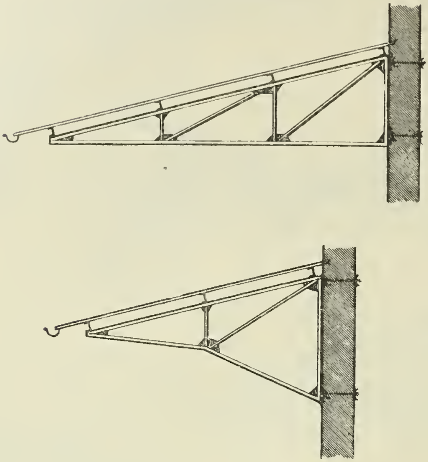


Fig. 1496 u. 1497.

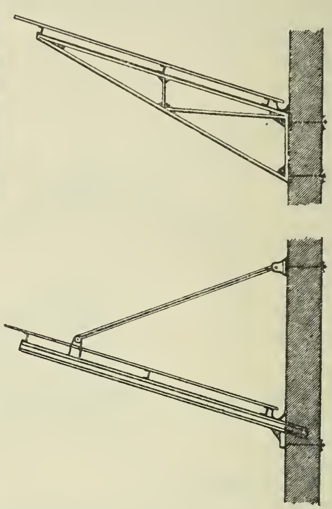
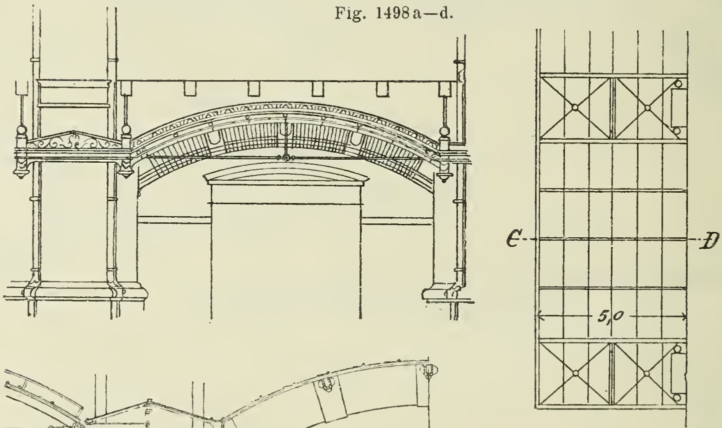
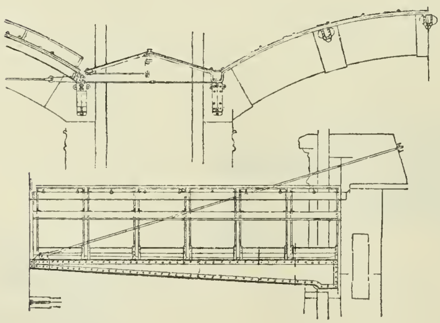


Fig. 1498 a—d.





von 6,60 m Spannweite (mit Zugstangen), welche den Fenstersturzen des Untergeschosses folgen, während vor den Pfeilerrisaliten kleine Satteldächer von 2,14 m Spannweite eingeschaltet sind. Dieser Theilung entspricht auch die Lage der nach oben aufgehängten, als Blechträger ausgebildeten Hauptträger, auf denen die Dachrinnen liegen. Die Binder der Bogendächer bestehen aus ⌉⌈ Eisen, an denen die ⊏ förmigen Pfetten aufgehängt sind. Die Dächer sind verglast.

Solche frei angebrachte Auslegerdächer werden auch zur Ueberdeckung von Ladebühnen, von Güterschuppen usw. verwendet, wovon Fig. 1499 ein Beispiel giebt (steuerfreie Niederlage zu Harburg), seltener zu Bahnsteigen, da sie für grössere Bauten zu schwer werden und die Mauern zu ungünstig beanspruchen.

Fig. 1499.

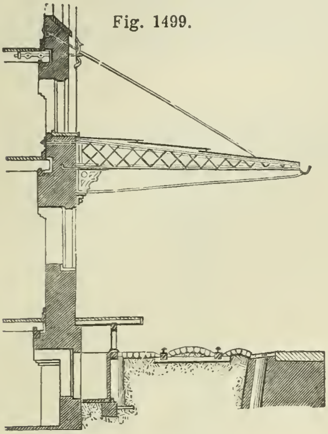


Fig. 1500.

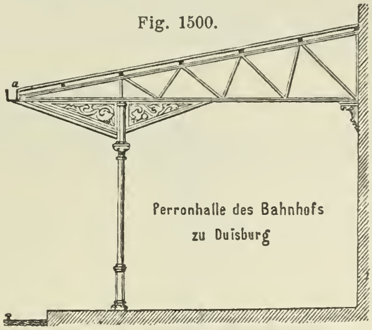
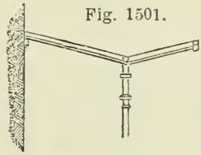


Fig. 1501.



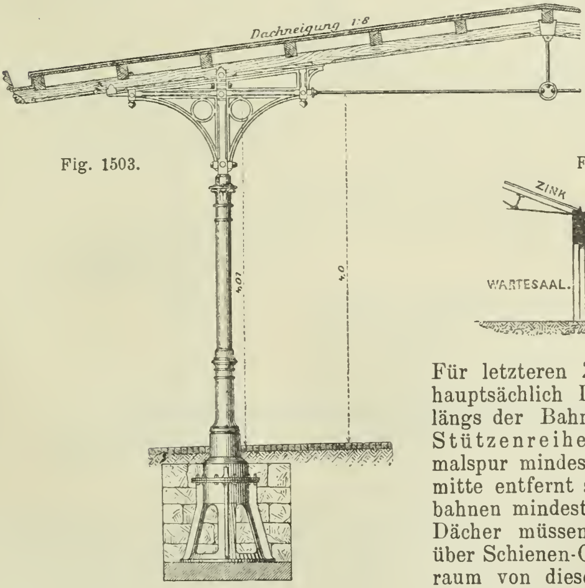
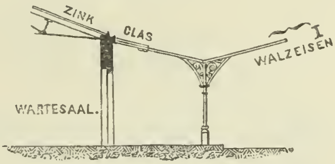


Fig. 1503.

Fig. 1502.



Für letzteren Zweck kommen daher hauptsächlich Dächer inbetracht, die längs der Bahnsteigkante noch eine Stützenreihe besitzen, die bei Normalspur mindestens 3 m von der Gleismitte entfernt sein muss (bei Nebenbahnen mindestens 2,5 m). Auch die Dächer müssen bis zu 2,5 m Höhe über Schienen-Oberkante einen Lichtraum von dieser Breite frei halten. Die älteren Ausführungen zeigen die Form des über die Stützen verlängerten Pultdaches, Fig. 1500, wobei wiederum nach dem Beispiel der Fig. 1498 eine Theilung in einzelne Querdächer ausgeführt werden kann, wodurch sich die Rinnenbildung vereinfacht, aber an Höhe verloren wird. Die erstere Form ist in dieser Beziehung sehr ungünstig, da die Abfallrinnen zuerst sehr flach bis an die Säulen hingeführt werden müssen,

wodurch sich im Winter leicht Eisverstopfungen und Rohrbrüche ergeben. Werden die senkrechten Abfallrohre durch die Säulen geführt, so müssen letztere eine lichte Weite von mindestens 10—12 cm, besser noch mehr haben, damit auch hier nicht Eisstopfungen eintreten können. Bei den neueren Anordnungen wird das über die Stützenreihe angebrachte Vordach nach oben geneigt, sodass über der Säulenreihe eine Rinne entsteht, Fig. 1501 u. 1502.

Um dem Verkehr möglichst wenig Hindernisse zu bieten, wird man die

Fig. 1504a und b.

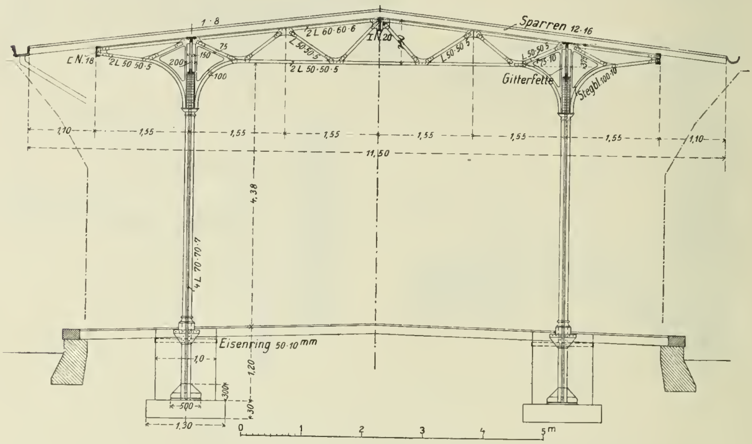


Fig. 1506.

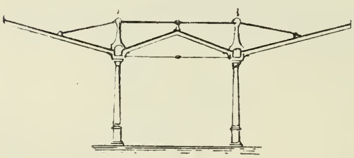
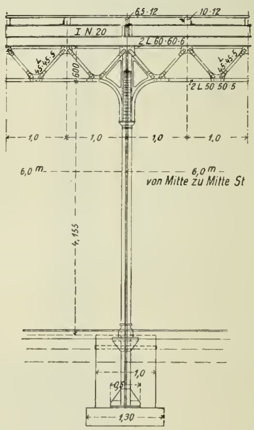


Fig. 1504b.



Säulen in möglichst grossen Abständen stellen müssen. Es wird dann nöthig, die Säulen durch einen leichten Gitterträger zu verbinden, der als Unterzug für die Dachsparren dient, vergl. Fig. 1504.

Bei Zwischenbahnsteigen, beiderseits offenen Wandelhallen, werden nach zwei Seiten überstehende Dächer erforderlich, die entweder auf zwei, oder auch nach neueren Ausführungen auf nur einer Stützenreihe ruhen, vergl. die Fig. 1503 bis 1506 bezw. Fig. 1509. Die überstehenden Dachtheile bilden dann entweder nur eine Fortsetzung des den Raum zwischen den Stützen überdeckenden Sattel- oder Tonnendaches, oder sie werden wieder bei grösserem Vorsprunge, wie bei den frei vortretenden Auslegerdächern wegen der einfacheren Abwässerung nach oben gekippt, sodass die Rinne wiederum auf den Säulen ruht.

Ein einfaches Beispiel ersterer Art mit hölzernem, mit Zugstange armirtem Dach auf gusseisernen Säulen zeigt Fig. 1503 von den Bahnsteighallen der neuen Zwischenbahnhöfe der Berliner Wannseebahn. Die Dächer sind mit Pappe auf Schalung gedeckt.

Ein sehr leichtes, hübsches Beispiel der gleichen Art, aber, abgesehen von den hölzernen Sparren, ganz in Schmiedeisen ausgeführt, abgesehen von den hölzernen Pfetten, giebt Fig. 1504, von einer Umladehalle der vorm. Schwartzkopff'schen Maschinenfabrik in Wildau bei Berlin, Ing. O. Leitholf, das sich noch billiger stellen soll, als ein Holzdach mit Gusseisenstützen.

Bei sehr breiten Schuppen können auch derartige Ausführungen mit einer mittleren, dritten Stützenreihe verbunden werden, vergl. die Fig. 1466 u. 1467 auf S. 617.

Fig. 1505.

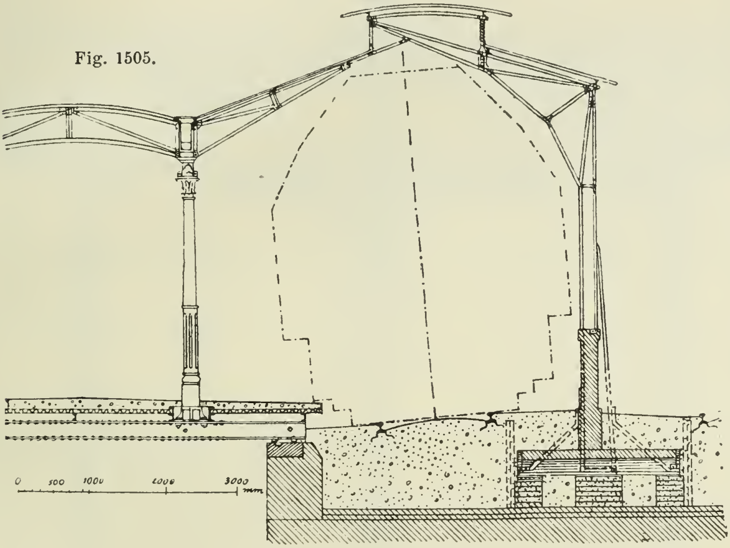


Fig. 1507.

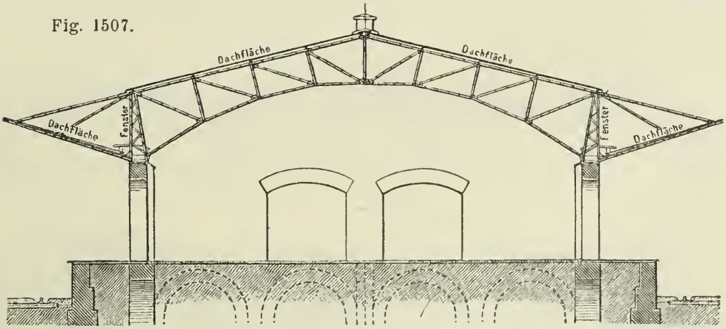
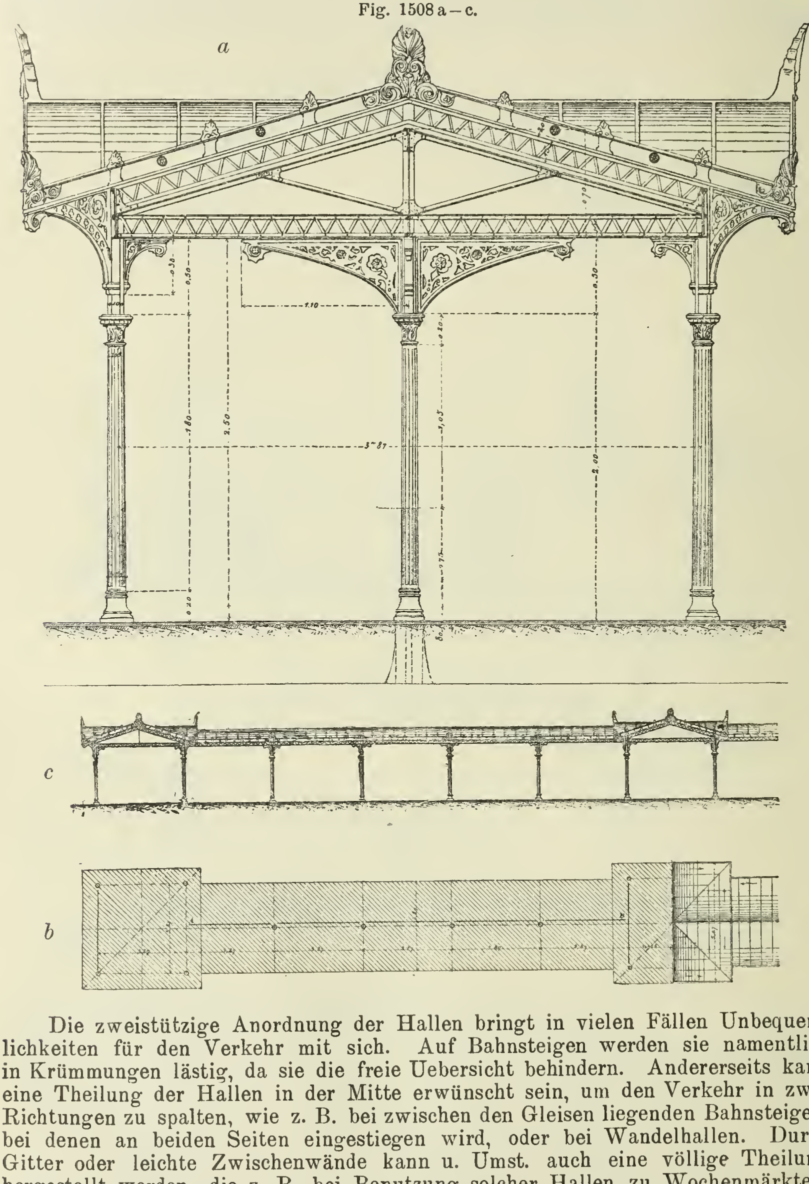


Fig. 1505 stellt ein Beispiel der moderneren Art, mit aufwärts gekipptem Kragdach, dar, von der Haltestelle Jannowitzbrücke der Berliner Stadtbahn. Der rechtseitige Gleisüberbau mit Glaswand ist erst später zugefügt, um den dort besonders heftigen Zugwind abzuhalten. Derartige Dächer können auch nach französischem Muster, Fig. 1506, so ausgebildet werden, dass die ganze Konstruktion (abgesehen von einer Spannstange) oberhalb der Dachfläche liegt. Es wird dann an freier Höhe gewonnen, ausserdem das Abtropfen vermieden.

Auch für überhängende Schuppendächer ist die nach aussen steigende Dachfläche des überhängenden Theiles vortheilhaft. Eine besonders zweckmässige Form stellt Fig. 1507 dar, welche bei Güterschuppen der Berlin-Potsdam-

Magdeburger Eisenbahn mehrfach angewendet worden ist und sich so bewährt hat, dass auch neuere Ausführungen nach diesem Muster hergestellt worden sind. Das überhängende Dach ist an das Hauptdach des Schuppens aufgehängt, übt also auf die Schuppenmauern keinen Zug aus. Die Binderform des Hauptdaches gestattete ausserdem die Anwendung von seitlichem Oberlicht über dem Vordach.

Fig. 1508 a – c.



Die zweistützige Anordnung der Hallen bringt in vielen Fällen Unbequemlichkeiten für den Verkehr mit sich. Auf Bahnsteigen werden sie namentlich in Krümmungen lästig, da sie die freie Uebersicht behindern. Andererseits kann eine Theilung der Hallen in der Mitte erwünscht sein, um den Verkehr in zwei Richtungen zu spalten, wie z. B. bei zwischen den Gleisen liegenden Bahnsteigen, bei denen an beiden Seiten eingestiegen wird, oder bei Wandelhallen. Durch Gitter oder leichte Zwischenwände kann u. Umst. auch eine völlige Theilung hergestellt werden, die z. B. bei Benutzung solcher Hallen zu Wochenmärkten, oder bei Aufstellung von Bänken mit Rückenschutz erwünscht sein kann.

Fig. 1508a—c zeigt in Ansicht, Grundriss und Schnitt ein älteres Beispiel einer solchen Wandelhalle mit gusseiserner Mittelstütze. Die ganze Konstruktion ist noch ziemlich schwerfällig, ausserdem ist das Gusseisen für eine solche Aus-

Fig. 1509 b—d.

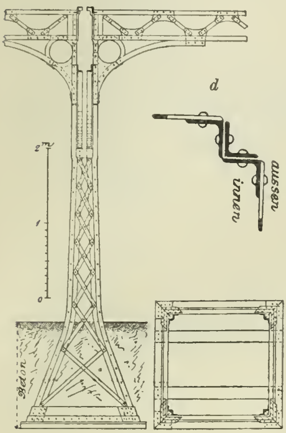
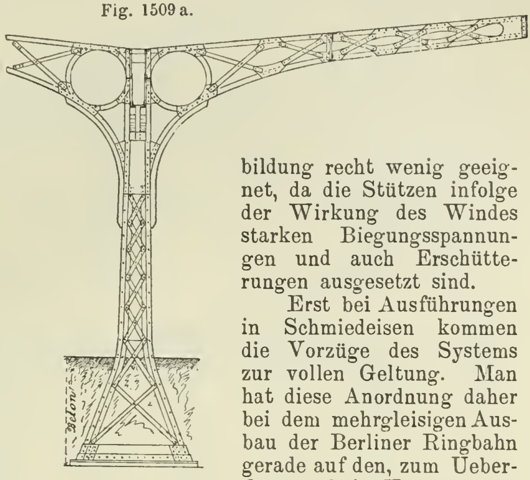


Fig. 1509 a.



bildung recht wenig geeignet, da die Stützen infolge der Wirkung des Windes starken Biegungsspannungen und auch Erschütterungen ausgesetzt sind.

Erst bei Ausführungen in Schmiedeisen kommen die Vorzüge des Systems zur vollen Geltung. Man hat diese Anordnung daher bei dem mehrgleisigen Ausbau der Berliner Ringbahn gerade auf den, zum Ueberfluss noch in Krümmungen liegenden, Bahnhöfen mit einem zu bestimmten Tageszeiten auf das höchste gesteigerten Verkehr gewählt. Fig. 1509a—d stellt die Ausbildung dieser Dächer im Quer- und Längsschnitt, Grundriss und einer Ecke des Pfostenquerschnittes dar. Auslager und Pfosten sind nur aus L Eisen und Flacheisen hergestellt. Bemerkenswerth ist die Querschnittsbildung der in 9 m Abstand stehenden Pfosten *d*,

Fig. 1510 a—c.

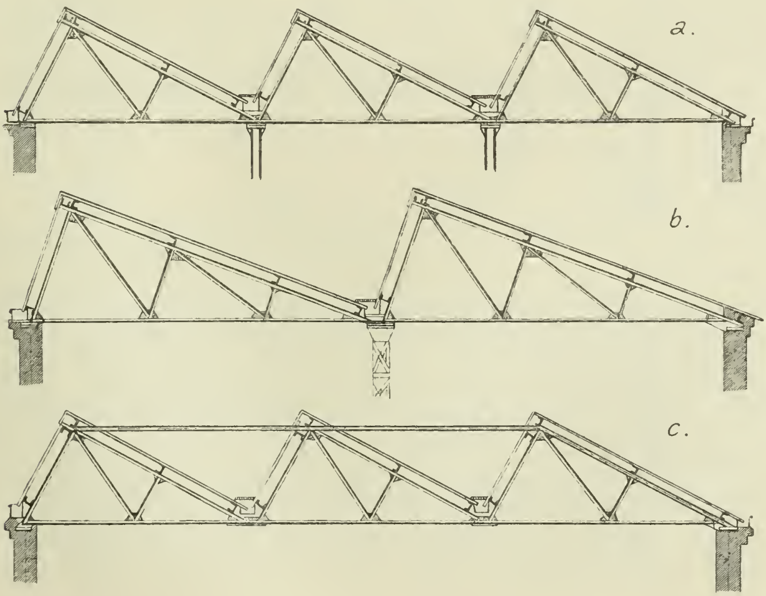
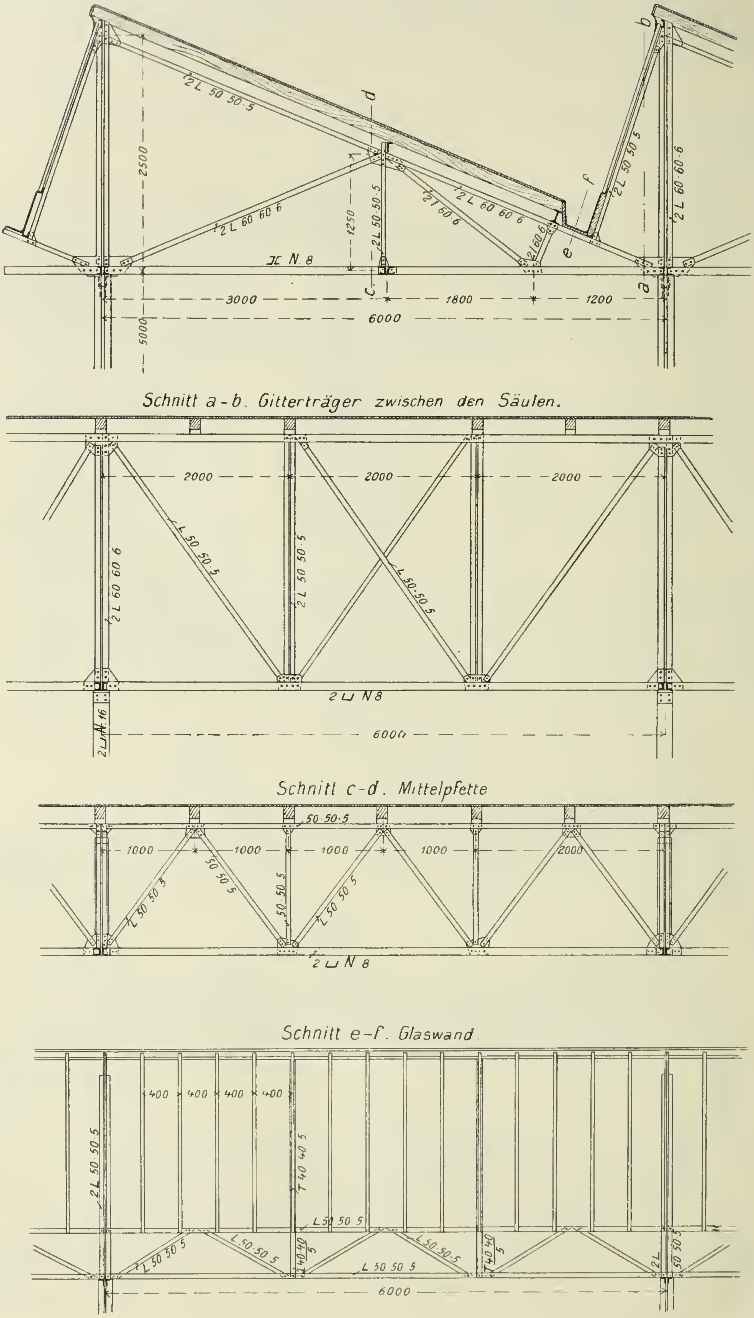


Fig. 1511 a—d. (1:90)



die sich vor anderen durch Vereinfachung in der Ausführung auszeichnen. Die Stützenfüsse bedürfen, um dem Windangriff zu widerstehen, bei je 5,15 m Ausladung der Arme natürlich einer kräftigen Verankerung in einem Betonklotz. Ebenso müssen die Anschlüsse der Kragarme an die Pfosten kräftig ausgebildet werden, um den durch den Wind erzeugten Schwankungen und Erschütterungen zu widerstehen.

e. Scheddächer.

Für die zweckmässige Beleuchtung breiter, niedriger Werkstatts- oder Ausstellungsräume aller Art, hat sich ein besonderer Typus der Ueberdeckung herausgebildet, der insofern besondere Vortheile bietet, als er die Gewinnung reinen, einheitlichen hohen Seitenlichts (Nordlicht) ermöglicht. Diese Schedd- oder

Fig. 1512. (1:160)

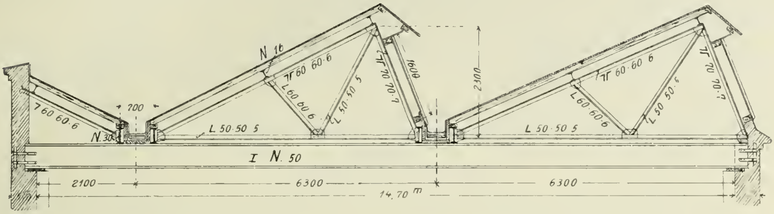
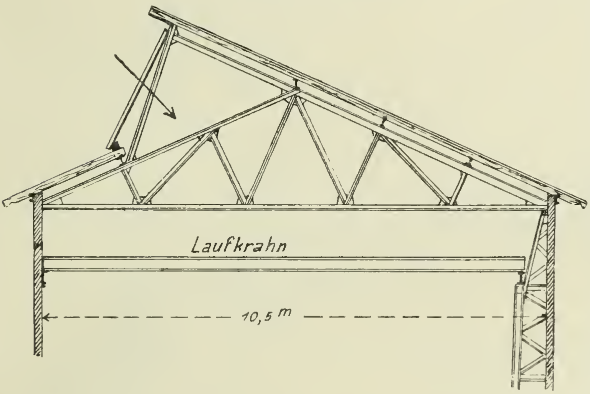


Fig. 1513.



Säge-Dächer sind Satteldächer mit verschiedener Dachneigung. Die verglaste kleinere Fläche wurde früher lothrecht hergestellt, wodurch aber zwischen den Dächern ungünstige Schneewinkel entstehen und die Rinnenbildung erschwert wird. Die neuen Konstruktionen zeigen daher durchweg eine um 10—15° gegen die Lothrechte geneigte Glasfläche, die mit der längeren, schwächer geneigten und meist in Pappe gedeckten Dachfläche gewöhnlich einen vollen rechten Winkel, oder einen spitzen bis etwa 75° bildet.

Die Fig. 1510a—c, S. 633, zeigt verschiedene Typen, a und b für Unterstützung jedes Binders, c freitragend in mehrfacher Binderbreite. Die Einzeldächer müssen im letzteren Falle entweder auf kräftigen Unterzügen gelagert, vergl. Fig. 1512, oder durch Zugbänder im First verbunden sein. Breitere Räume lassen sich in letzterer Form natürlich nicht überdecken, da die Konstruktion zu schwerfällig würde. Ausserdem würden dann frei im Raum hängende Abfallrohre erforderlich, während diese sonst an oder in den Stützen herabgeführt werden können. Zuweilen werden auch Scheddächer ausgeführt, bei denen die Binderkonstruktion ganz über den Dachflächen liegt, eine derartige Ausbildung vermehrt aber jedenfalls noch die Uebelstände, die allen Scheddächern, bezüglich der Anhäufung von Schnee in den Kehlen, eigen ist. Sehr reichliche Rinnenbreiten sind auf alle Fälle bei Scheddächern erforderlich.

Die Binder werden mit den Stützen entweder steif verbunden — in diesem Falle müssen letztere mit dem Fuss kräftig verankert sein, um Biegungs-

spannungen aufzunehmen — oder sie werden auf Pendelstützen beweglich gelagert. Bei fester Verbindung sind jedoch bei breiteren Räumen nur einzelne Systeme ganz fest, die anderen mit ovalen Bolzenlöchern anzuschliessen, mit Rücksicht auf den Temperaturausgleich (vergl. die Fig. 1454e, S. 609). Bei pendelnder Auflagerung ist Sorge zu tragen, dass der auf die steilen Dachflächen wirkende erhebliche Winddruck auch von den Aussenmauern aufgenommen werden kann.

Fig. 1511 giebt die Gesammtanordnung einer Scheddachkonstruktion mit Unterstützung jedes Binderendes durch eine Stützenreihe wieder von der Maschinenfabrik von A. Borsig in Tegel bei Berlin (Ing. F. H. Barth in Berlin). Die Ausbildung ist von der üblichen etwas abweichend, im übrigen besonders steif, da die Binder an jeder Stelle zur Anbringung von Wellenleitungen geeignet sein sollen.

Ein Beispiel der Auflagerung auf Unterzügen giebt Fig. 1512 von der Schiffbauschmiede der Stettiner Maschinenbau A.-G. Vulkan*) mit $14{,}7^{m}$ Gesammt-Stützweite und $6{,}3^{m}$ Spannweite der Einzelbinder.

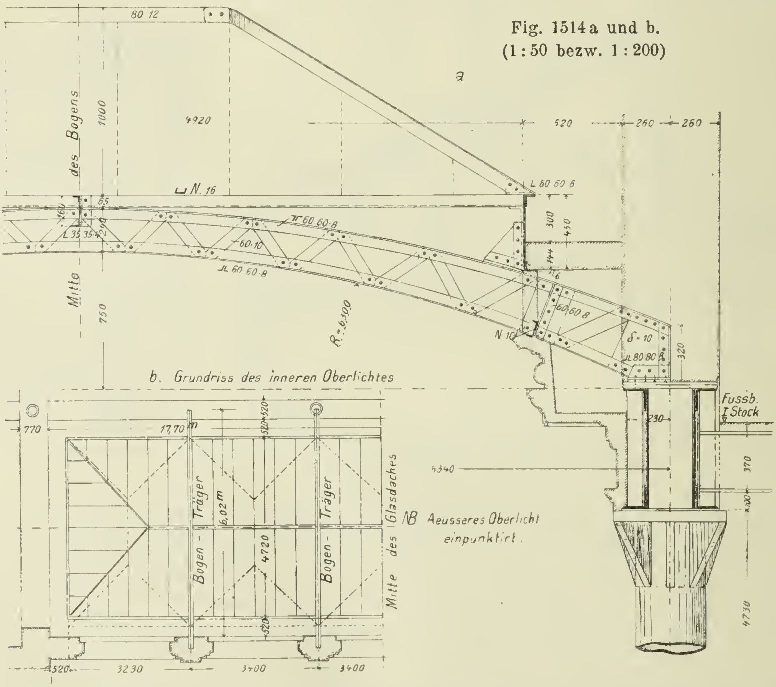
Die Vorzüge des Scheddachoberlichtes lassen sich auch bei regelrechten Satteldächern durch entsprechende Aufsätze ausnützen. Fig. 1513 zeigt eine Anordnung dieser Art.

Ueber die Einzelheiten der Oberlicht-Anordnungen selbst vergleiche später das betreffende, diesem Gegenstande gewidmete Kapitel.

f. Bogendächer.

Der Flachbogen ohne Zugstange wird bei Dachkonstruktionen nur ausnahmsweise bei kleinen Stützweiten, geringer Belastung bezw. in niedriger Lage zur

Fig. 1514a und b.
(1 : 50 bezw. 1 : 200)



Anwendung kommen können, wegen des starken Schubes, den er auf die Mauern ausübt. (Ueber Flachbogendächer mit Zugstangen, vergl. S. 623, bezw. das Kapitel über Hallendächer).

*) Nach Werkzeichnungen der A.-G. Lauchhammer.

Eine Glasdachanordnung mit Flachbogenbindern über dem Kassenraum der Berliner Bank (Ing. F. H. Barth in Berlin) stellt Fig. 1514 in Querschnitt und Grundriss dar. Die 6,34 m weit gespannten Gitterträger stützen sich einerseits gegen eine Wand (mit eingelegten eisernen Stützen) andererseits auf Säulen die durch die darüber liegende Wand der oberen Stockwerke hinreichend belastet werden, sodass der Schub aufgenommen werden kann. Die Decke des anschliessenden Nebenraumes bildet ausserdem eine Versteifung. Die Binder liegen in 3,4 m Entfernung. Ihre Gurte sind aus je

Fig. 1516.

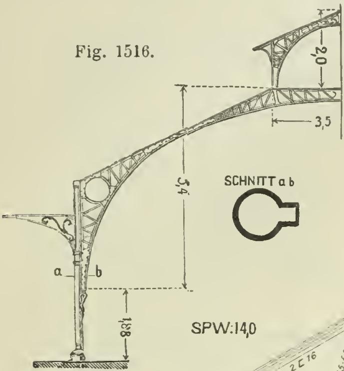
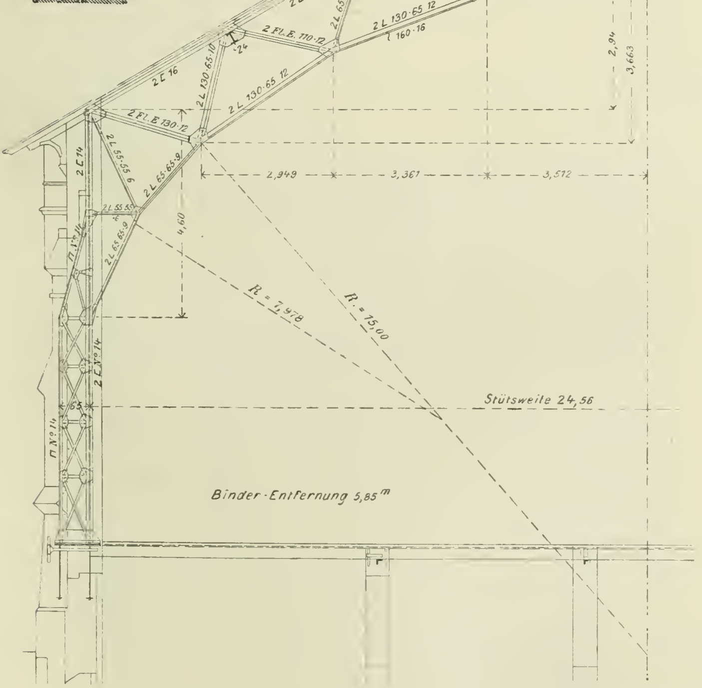


Fig. 1515. (1 : 170)



zwei L 60 . 60 . 8 mm, die Gitterstäbe aus Flacheisen 60 . 10 mm hergestellt.

Die Bogenform der Binder bietet hauptsächlich Vortheile bei der Ueberspannung grösserer Räume ohne Zwischenstützen. Zu den konstruktiven Vorzügen kommt dabei das ästhetische Moment hinzu. Um jeden Schub von den Umfassungswänden abzuhalten, werden die Bogenschenkel dabei meist bis zu den Fundamenten herabgeführt. Sowohl die Fusspunkte, wie der Scheitelpunkt

werden gewöhnlich als Gelenke ausgeführt, wodurch einerseits freie Beweglichkeit des Bogens unter dem Einflusse der Temperaturausdehnung und andererseits

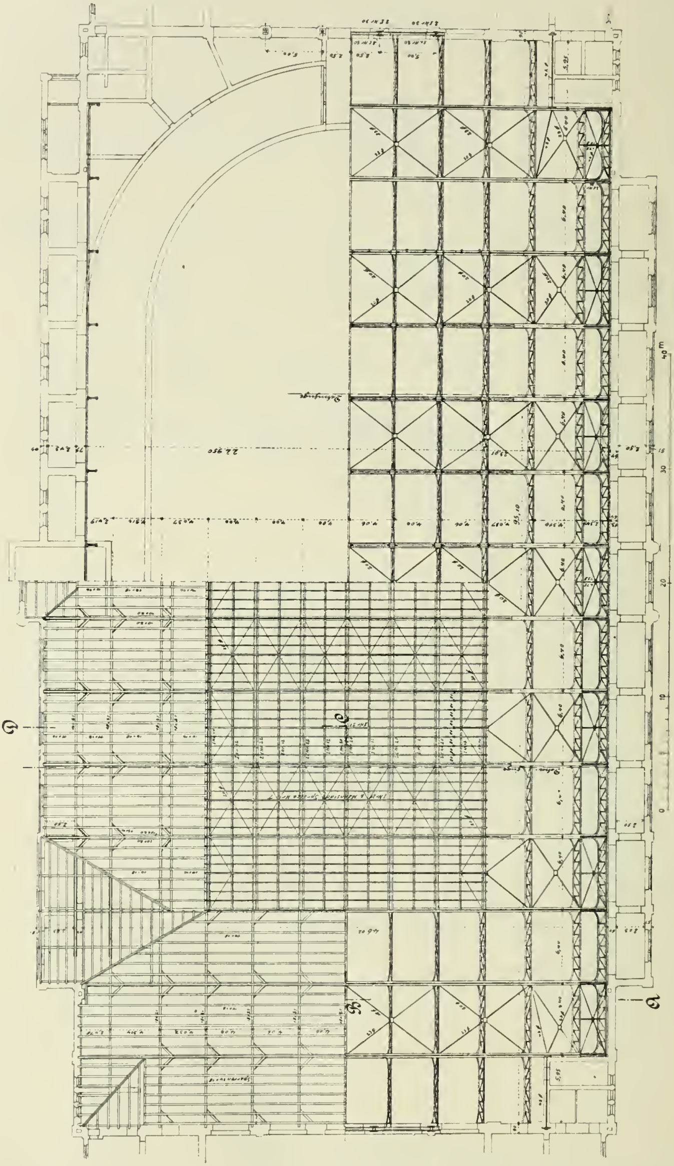
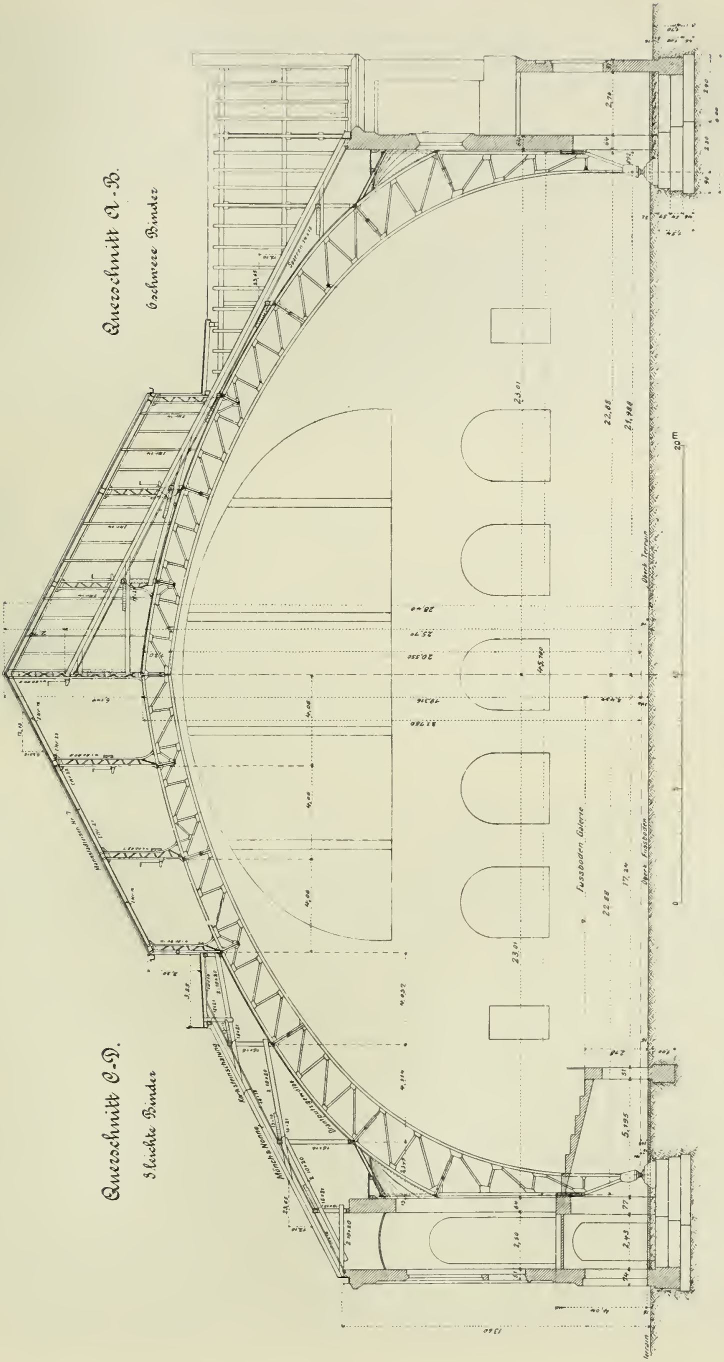


Fig. 1517 a. (1:333)

statische Bestimmtheit erreicht wird. Bezüglich der Ausbildung der Gelenke vergl. den nächsten Abschnitt über Auflagerung der Dächer.

Hallen geringer Spannweite werden wohl auch mit steifen, am Fuss verankerten Stützen hergestellt, die dann entsprechend ausgebildet sein müssen,

Fig. 1517 b. (1 : 333)



um den Schub des Bogens und den Winddruck aufzunehmen. Fig. 1515, S. 637, zeigt die Anordnung des Binders einer Turnhalle in Stettin (Ing. O. Leitholf). Die 24,56 m weit gespannten Binder stehen in 5,85 m Entfernung. Sie zeigen im Obergurt die Form des Satteldaches. Die Balkenlage des Fussbodens nimmt den Seitenschub der Stützen auf.

Ein ähnliches Beispiel einer halboffenen französischen Markthalle stellt Fig. 1516, S. 637, dar. Hier wird die nöthige Steifigkeit durch die Zwickelausfüllung zwischen Dachfläche und Säule erreicht.

Ein reiches Material für derartige Ausführungen liefern die Ausstellungsbauten, auf deren Studium daher besonders verwiesen sei.

Als Beispiel eines bis zum Boden herabgeführten Dreigelenkbogens sei in Fig. 1517 a und b in Querschnitt und Grundriss der von Ing. O. Leitholf in Berlin herrührende (nicht ausgeführte) Entwurf einer Ausstellungshalle für den Zoologischen Garten in Berlin wiedergegeben. Die Binder sind spitzbogige Dreigelenkbogen (im Scheitel ein Federgelenk, vergl. das Kapitel über Auflager) von 43,98 m Spannweite und rd. 21 m Scheitelhöhe, die in 6,40 m Abstand liegen und durch Pfetten in Gitterträgerform, sowie zu je zwei und zwei durch Diagonalen miteinander verbunden sind. Das Dach ist äusserlich als Satteldach mit breitem Laternenaufsatz gestaltet. Letzterer hat gitterförmige Vertikalstützen, während die seitlichen Dächer in Holzkonstruktion ausgebildet sind.

g. Die Auflagerung der Dachbinder.

Die Auflager haben mehrfache Aufgaben zu erfüllen. Sie sollen einerseits den Druck der Dachbinder auf eine grosse Fläche vertheilen, andererseits schädliche Spannungen in den Bindern selbst und im Mauerwerk der Wände, die aus der Ausdehnung bezw. Zusammenziehung des Binders bei Temperaturwechsel, einseitiger Belastung durch Winddruck oder Schneelast entstehen können, durch eine gewisse Beweglichkeit aufheben. Bei den Sprengwerks- oder Bogenbindern haben sie schliesslich noch die Aufgabe, die Auflager-Gegendrücke in der den theoretischen Voraussetzungen entsprechenden Lage und Richtung festzulegen. Je nachdem wir es mit den Auflagern von Balkenbindern oder Bogenbindern zu thun haben, ergeben sich grundsätzliche Verschiedenheiten für die Auflagerungen, sodass diese beiden Arten getrennt behandelt werden sollen.

α. Auflager der Balkenträger.

Nur ausnahmsweise, wenn es sich darum handelt hohe Mauern durch die Dachkonstruktion gegen Winddruck auszusteifen, wird der Fall eintreten können, dass beide Auflager fest gestaltet werden. Eine solche Anordnung ist jedenfalls nur mit sehr grosser Vorsicht und nach eingehenden theoretischen Untersuchungen zulässig. Eine solche Konstruktion entspricht auch nicht mehr vollständig der theoretischen Voraussetzung, nach welcher nur das eine Auflager fest sein darf, während das andere längsverschieblich sein muss, falls statische Bestimmtheit vorhanden sein soll.

Die übliche Anordnung ist daher diejenige mit einem festen und einem längsverschieblichen Auflager. Ersteres kann als ebenes oder als Kipplager, letzteres als Gleit- oder Rollenlager hergestellt werden, wobei das Gleiten oder Rollen wiederum nur auf ebener Fläche oder unter gleichzeitiger Zwischenschaltung eines Kipplagers erfolgen kann.

Man findet häufiger die Angabe, dass Balkenbinder mit 20—25 m Spannweite noch mit einfachen Gleitlagern, darüber hinaus mit Rollenlagern herzustellen seien. Thatsächlich wird man in jedem Einzelfalle eine genaue Untersuchung anstellen müssen, da gerade in der Mangelhaftigkeit der Lagerung häufig die Ursache bedenklicher Schäden zu suchen ist, die dem Mauerwerk und u. Umst. auch der Eisenkonstruktion selbst zugefügt werden. Man wird sehr genau unterscheiden müssen, ob man es mit schwer belasteten steifen Konstruktionen und solchen zu thun hat, die starken einseitigen Erwärmungen, heftigem Windangriff usw. widerstehen müssen, oder ob es sich um leichte, biegsame und in jeder Hinsicht geschützt gelagerte Konstruktionen handelt. Im ersteren Falle können schon bei sehr viel kleineren Spannweiten Rollenlager nothwendig werden, um die

Reibung zwischen Binderfuss und Auflagerplatte zu verringern und damit stärkere Schubwirkungen von den Mauern oder Stützen abzuhalten.

Bei der Konstruktion der Lager ist dann besonders darauf zu achten, dass die Beweglichkeit, die man von ihnen erwartet, auch wirklich eintreten kann. Sie sind daher auch selbstverständlich so anzuordnen, dass sich der Staub nicht leicht an ihnen festsetzen kann und dass sie vor Einrosten geschützt sind. Vor allem ist auch für raschen Abfluss des Schwitzwassers Sorge zu tragen, damit dieses nicht in das Mauerwerk eindringt und dann bei Frost die Lagerplatten lockert. Dies gilt besonders von festen Lagern, die selten beaufsichtigt zu werden pflegen.

Feste Auflager sind bereits bei verschiedenen der vorhergehenden Beispiele mit dargestellt worden. Sie bestehen aus einer gusseisernen Auflagerplatte, die durch Rippen festgehalten wird, bei grösserer Konstruktion aber stets durch Anker mit dem Mauerwerk fest verbunden sein sollte, vergl. die Fig. 1397 S. 579, 1449 S. 605, 1453 S. 607 u. ff. Auf der Platte, die in ihrer Oberfläche abgehobelt sein sollte, falls nicht ein elastisches Zwischenglied, Blei- oder Weichkupferplatte, eingeschaltet wird, ruht der gewöhnlich durch eine, mit versenkten Nieten befestigte, Platte verstärkte Binderfuss, vergl. Fig. 1518. Derselbe wird entweder

Fig. 1518.

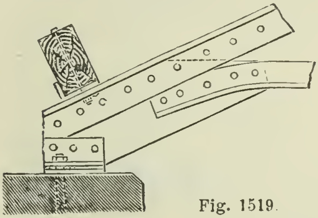


Fig. 1519.

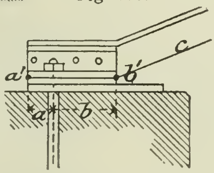
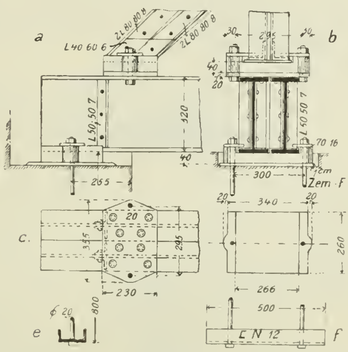


Fig. 1520 a—f.



durch Dorne in der Auflagerplatte festgehalten, oder unmittelbar durch die durchgezogene Ankerschraube. In letzterem Falle ist es jedenfalls zweckmässig, die Bolzenlöcher im Binderfuss etwas oval zu gestalten, da sonst bei Durchbiegungen des Binders, infolge von Temperaturspannungen, namentlich aber bei Sturmangriff von unten ein Abplatzen der Bolzenmuttern durch Aufkippen der Trägerenden erfolgen kann. Auch die vorhin erwähnte Einlegung eines elastischen Zwischenmittels wirkt dann vortheilhaft. Dass die am Binder angreifenden Kräfte sehr leicht eine derartige Zerstörung hervorrufen können, lehrt ein Blick auf Fig. 1519, denn sowohl beim Anheben des Binders, wie bei Durchbiegung desselben nach unten, hat die Ankerschraube nur die kurzen Hebelarme *a* bezw. *b* für die Drehpunkte *a'* bezw. *b'*, während die äusseren Kräfte an dem langen Hebelarme *c* angreifen. Ganz besonders wird aber die Wirkung durch die stossweise Wirkung des Windes verstärkt werden. Vergl. hierzu übrigens auch die interessanten Untersuchungen von Ziv.-Ing. Schlösser*), über die bei Stürmen eingetretenen schweren Zerstörungen an Eisen-Bauwerken.

Ganz besondere Vorsicht ist bei einerseits offenen Hallen zu beachten, da hier durch den Wind, der sich nach volksthümlichem Ausdruck darin „verfängt“, explosionsartige Wirkungen hervorgerufen werden können.

Fig. 1520 a—f zeigt den Fall, dass ein Auflager nicht unmittelbar auf dem Mauerwerk, sondern auf den Deckenbalken geschaffen ist. Es handelt sich um

*) Dtsche. Bauztg. 1895, No. 5, S. 27.

eine Dachkonstruktion nach dem System der Fig. 1462, S. 614. Unterzug und Binderfuss haben hier ganz gleichartig hergestellte Auflager erhalten. Die gusseisernen Platten, von denen die untere verankert, die obere mit dem gekuppelten Träger verschraubt ist, umfassen mit ihren Rändern die aufgelagerten Konstruktionstheile und halten sie mit Klemmplatten fest. Auf diese Weise ist also immerhin eine gewisse Beweglichkeit erreicht.

Die beweglichen Lager unterscheiden sich bei dem einfachen Gleitlager von dem festen nur dadurch, dass die Verbindung mit der Gussplatte wegfällt und dass die Gleitflächen sowohl am Binderfuss, wie an der Auflagerplatte gehobelt sein müssen.

Das ebene feste und ebene Gleitlager empfiehlt sich nur für ganz kleine Spannweiten. Bei grösseren oder stark belasteten, die merklicheren Verbiegungen ausgesetzt sind, muss das Binderende dieser Bewegung folgen können. Es sind die Auflager also als Kipplager mit gewölbter Fläche herzustellen, wie das schon bei den Unterzügen Fig. 1404b, S. 583 dargestellt ist. Ein derartiges Auflager zeigt auch der Sichelbinder Fig. 1478b, S. 624. Statt der konvexen Lagerplatte lassen sich übrigens auch konkave anwenden, wie das Beispiel von Fig. 1469, S. 619 zeigt. Hier ist aber Sorge zu tragen, dass Feuchtigkeit, die sich in der Fuge etwa sammelt, abfliessen kann.

Fig. 1521.

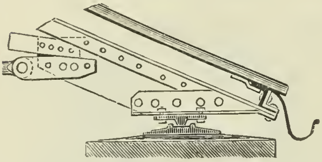


Fig. 1522.

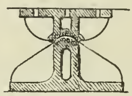


Fig. 1523.

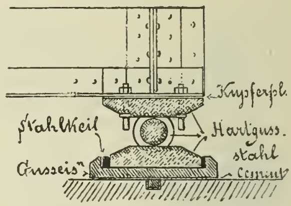


Fig. 1525.

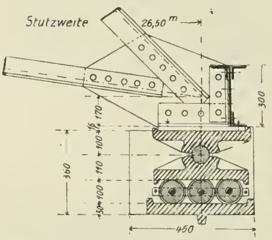
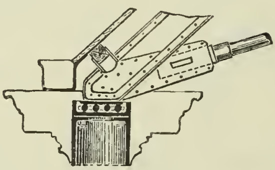


Fig. 1524.



Statt dieser Kipplager (Tangentialkipplager, wenn sich eine ebene Fläche auf konvexer Lagerfläche bewegt), werden auch Zapfenkipplager nach den Fig. 1521 und 1522 angewendet, oder Bolzenkipplager nach Fig. 1525. Die Anordnung der Fig. 1521 ist nur für leichte Konstruktionen zulässig. Sie zeigt ein Gleitlager. Die Längsverschiebung wird durch die Nasen der Auflagerplatte begrenzt. Fig. 1522 zeigt ein festes Kipplager. Der Obertheil wird mit dem Binderfuss verschraubt.

Rollenlager bestehen aus zwei Platten, von denen die eine mit dem Binder verschraubt, die andere auf dem Mauerwerk verankert ist. Zwischen beiden liegen die Rollen, die bei mehrfacher Anzahl durch Rahmen aus Flacheisen und Bolzen zu einem Rollenwagen verbunden sind. Die Zahl der Rollen schwankt gewöhnlich zwischen 3 und 8, der Durchmesser zwischen 40—80 mm. Sie werden aus Hartguss hergestellt, ebenso gewöhnlich die zugehörigen Platten.

Fig. 1523 zeigt eine Anordnung mit einer Rolle für eine kurze Schubbegrenzung, eine Anordnung, die für sehr elastische Binder nicht ohne Gefahr ist, dafür aber den Vortheil besitzt, dass der Binder um die eine Rolle auch eine Kippbewegung machen kann. Sind mehrere Rollen vorhanden, so muss ein besonderes Kipplager über dem Rollenwagen eingeschaltet werden. Anordnungen, wie sie Fig. 1524 für die Auflagerung auf einer Säule zeigt, sind nur zulässig, wo stärkere Kippbewegungen ausgeschlossen sind. Ein vollständig ausgebildetes Rollenlager in Verbindung mit Kipplager zeigt schliesslich Fig. 1525.

Besondere Vorsicht erfordert die Auflagerung der Dachbinder auf Stützen und Säulen. Feste Auflager wird man, wegen der ungünstigen Biegungsbeanspruchung, welche die Stützen dann erleiden, gerne vermeiden, die Stützen vielmehr als Pendelstützen (vergl. S. 546 u. 555) ausbilden und die festen Auflager auf die Umfassungsmauer legen. Treffen mehrere Binder auf einer festen Stütze zusammen, wie das bei den parallel nebeneinander liegenden Dächern über breiten Werkstatträumen oft der Fall sein wird, so ist durch Anschluss mit ovalen Bolzenlöchern stellenweise dafür Sorge zu tragen, dass ein Temperaturausgleich stattfinden kann. (Vergl. Fig. 1454e, S. 609.)

β. Auflagerung der Bogenbinder.

Die Auflager der Bogenbinder haben die Aufgabe, beide Binderfüsse in unverrückbarem Abstande zu erhalten, erleiden also im Gegensatz zu den Auflagern der Balkenbinder grössere wagrechte Schube und haben u. Umst. auch Zugkräfte aufzunehmen. Sie müssen daher besonders sicher mit dem Unterbau verankert sein. Die festen Auflager zeigen sonst keine weiteren Eigenthümlichkeiten.

Meist wird man jedoch die Bogen, namentlich bei grösseren Hallenkonstruktionen nicht als eingespannt, sondern mit Gelenken herstellen, in den meisten Fällen mit 3 Gelenken, je 1 am Kämpfer, 1 im Scheitel der Konstruktion. Man hat dann den Vorzug statischer Bestimmtheit der Konstruktion und des unschädlichen Ausgleichs der Längenänderungen durch Temperaturwechsel, durch Hebung bezw. Senkung des Scheitels bei gleichzeitiger Drehung der Bogenschenkel um die Kämpfergelenke.

Die Kämpfergelenke sind bei älteren Ausführungen oft so gebildet, dass der abgerundete, durch Auflegung von Blechplatten oder Gussstücken entsprechend versteifte und zur Aufnahme des Druckes befähigte Binderfuss, sich in die konkave Lagerschale setzt. Besser ist die umgekehrte Anordnung, bei welcher das Lager konvex, der Binderfuss konkav ist. Eine dritte Form bedient sich des einfachen Drehbolzens, der von der Lagerschale und dem Binderfuss umfasst wird. Die Scheitelgelenke sind entweder Drehbolzengelenke oder Federgelenke. Seltener kommen Ausbildungen vor, bei denen sich die beiderseits konvexen, durch einen Stift gegen Verschiebung gesicherten Binderköpfe gegen einander stemmen, oder wo der eine Kopf konvex, der andere mit etwas grösserem Halbmesser der Rundung konkav hergestellt wird.

Fig. 1526 giebt eine Anordnung der älteren Art, also mit Lagerpfanne wieder. Die Ausführung ist jedoch neueren Datums und entstammt der Markthalle zu Hannover.*) Der Binderfuss ist hier abgerundet und durch aufgelegte Bleche und Lamellen verstärkt. Er stützt sich auf eine gusseiserne Lagerschale, die in einem ebenfalls gusseisernen Lagerstuhl ruht. Da sich der Binderfuss nicht abdrehen lässt, so ist eine 2 mm starke Kupferplatte zwischen ihn und die Lagerschale eingeschoben, um eine gleichmässige Druckvertheilung zu erzielen.

Fig. 1527 a und b zeigen eine Ausbildung des Kämpfers mit Bolzengelenk vom Gebäude der schönen Künste auf der Weltausstellung zu Paris 1889.**) Die Binder der Halle sind 51,30 m weit gespannt. Stählerne Bolzen von 250 mm Durchmesser liegen in Lagerschalen aus Gusseisen. Auf die Bolzen stützen sich am Binderfuss angeschraubte Gusstücke. Der Schub des Bogens ist durch eine die Lager verbindende, unter dem Fussboden liegende wagrechte Zugstange von 80 mm Durchm. aufgehoben.

Fig. 1528 a u. b zeigt die dritte Form, bei welcher sich der konkave Lagerfuss auf die konvexe Lagerschale stützt. Das Beispiel giebt das Auflager der 110,6 m von Mitte zu Mitte Stützpunkt weit gespannten Maschinenhalle der Pariser Weltausstellung 1889***) wieder. An den Binderfuss sind hier kräftige Gusskörper mit den Bolzen B befestigt. Diese stützen sich auf einen oben nach dem

*) Vergl Zeitschr. des Hannover'schen Arch.- u. Ing.-Vereins 1894.
**) Vergl. Nouvelles annales de la construction 1888.
***) Vergl. Nouv. annales de la construction 1889.

Halbmesser von 250 mm abgedrehten Stahlklotz, der festgehalten wird in einem Lagerstuhl, der mit 1,7 : 1,84 m breiter Fussplatte den Druck auf die Fundamente überträgt.

Die Scheitelgelenke der beiden letztgenannten Ausführungen sind Bolzengelenke. Fig. 1527 c zeigt das Gelenk vom Gebäude der schönen Künste, das einen Bolzendurchmesser von 250 mm besitzt. Die Maschinenhalle besitzt ein Stahlbolzengelenk von 350 mm Durchm. Zwischen die Stege des Doppelbinders sind hier Gusstahlbacken eingeschraubt, welche den Bolzen umfassen.

Im Gegensatz zu diesen schweren Binderkonstruktionen grosser Spannweite sei in Fig. 1529 a und b auch ein einfaches Beispiel dargestellt von dem Dach des Palmenhauses der Flora in Charlottenburg. Die abgerundeten Binderenden stützen sich hier unmittelbar gegeneinander.

Fig. 1527 c. (1 : 60)

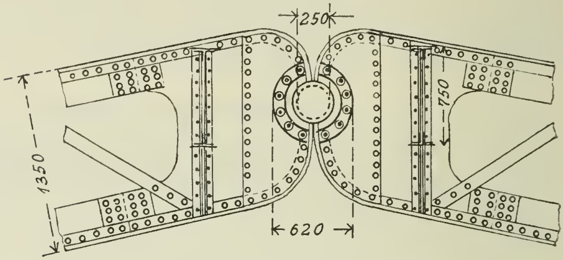


Fig. 1527 a und b. (1 : 60)

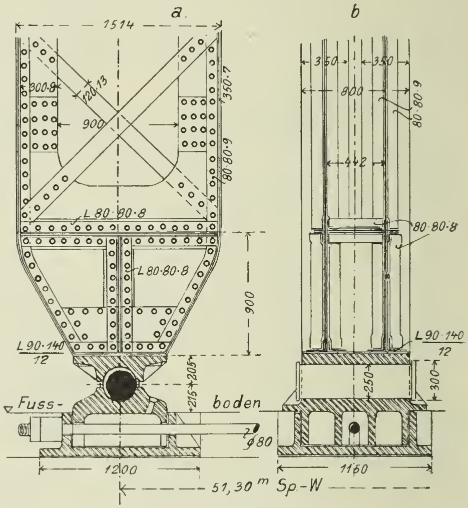


Fig. 1526 a und b. (1 : 40)

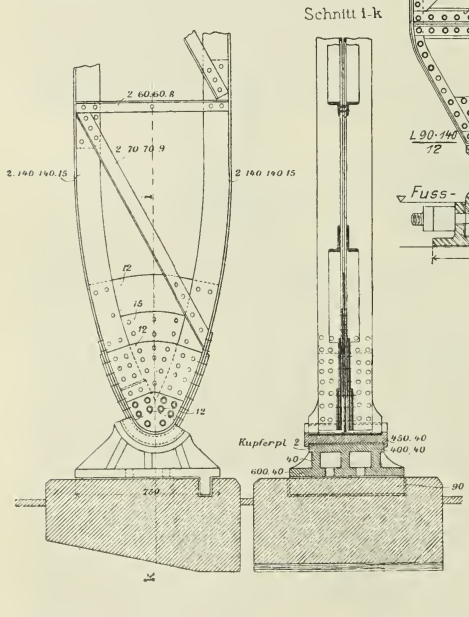
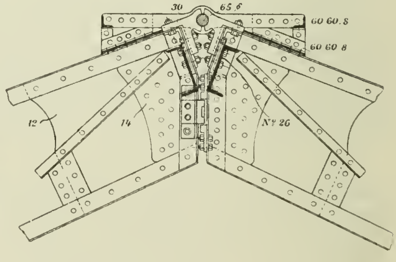


Fig. 1526 c. (1 : 40)



Um sie gegen Verschiebung zu sichern, durchdringen sich, wie Fig. b zeigt, die aufgelegten Flacheisen beider Binderhälften.

Eine eigenartige Ausbildung des Scheitelgelenkes zeigt die Markthalle zu Hannover, Fig. 1526 c. Hier hat der dünne Bolzen im Obergurt nur die Auf-

gabe, gegen wagrechte Verschiebungen zu wirken, während die an den Stirnflächen der Bogenenden angeschraubten gusseisernen Backen einer Verschiebung im lothrechten Sinne entgegen zu wirken haben.

Da die Beweglichkeit der Binder gegeneinander im Scheitel sich oft nur in engen Grenzen zu halten braucht, so genügen oft federnde Verbindungen anstelle

Fig. 1528 a und b. (1 : 40)

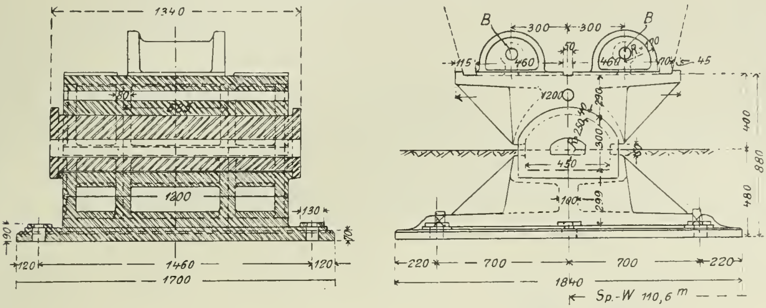


Fig. 1529 a und b.

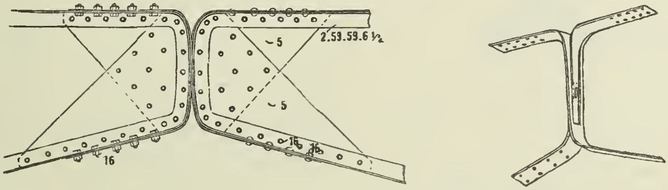
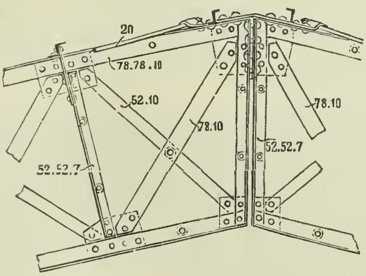


Fig. 1530.



regelrechter Gelenke. Fig. 1530 giebt eine solche Anordnung vom Retortenhaus der Imp. Continental-Gas-Association in Berlin (Ing. Schwedler), bei welcher eine Verdrehung der Binderenden gegeneinander dadurch ermöglicht ist, dass diese nur im Obergurt miteinander verbunden sind.

Ein regelrechtes Federgelenk kann nach Maassgabe der Fig. 1401 a—c auf S. 581 hergestellt werden.

Zum weiteren Studium der Gelenkkonstruktionen von Bogenhallen sei die schöne Veröffentlichung über den Bau der Berliner Stadteisenbahn empfohlen, welche eine Reihe mustergültiger und mannichfach gestalteter Beispiele zeigt.*)

h. Vergleich der Hauptformen der Balkenbinder hinsichtlich ihres Gewichtes.

Wenn nicht äussere Gründe für die Wahl eines bestimmten Bindersystems sprechen, so wird man sich fragen müssen, welches System für die gegebene Spannweite, Belastung und Dachneigung das Zweckmässigste, d. h. dasjenige ist, welches den geringsten Materialaufwand, daher auch bei gleicher Einfachheit der Konstruktion die geringsten Kosten erfordert. Bisher sind auf diesem Gebiete

*) Zeitschr. f. Bauwesen 1884 u. 1885. Auch als Sonderdruck erschienen. Verlag von Ernst & Sohn in Berlin.

nur wenige Untersuchungen angestellt, sodass sich ein genauer zahlenmässiger Nachweis nicht führen lässt, es lassen sich nur innerhalb gewisser Grenzen Vergleiche ziehen.

Bezüglich des einfachen und doppelten Polonceau und des englischen Dachstuhls mit drei Feldern und gedrückten Vertikalen, gezogenen Diagonalen hat Scharowsky in seinem „Musterbuch für Eisenkonstruktionen" Tabellen ausgerechnet für Spannweiten von 8—26 m, bei Binderentfernungen von 2—6 m und zwar sowohl für Sparren wie Pfettendächer. Bei Steigungen von $1 : 1^1/_2$ sind Belastungen von 300 und 250 kg für 1 qm Dachgrundfläche (ohne das Bindergewicht) zugrunde gelegt, bei 1 : 2 von 225 bezw. 185 kg, bei 1 : 4 schliesslich, wo nur noch leichte Dachdeckungen (Pappe, Zink, Glas usw.) inbetracht kommen können, rd. 150 kg/qm. Die Ausbildung der Binder ist ausschliesslich in Winkeleisen erfolgt. Die Berechnungen haben dabei ergeben, dass die Stabspanungen und demgemäss die Gewichte für die Dachneigung $1 : 1^1/_2$ und 1 : 2 für 300 und 225, bezw. 250 und 185 kg Belastung nahezu die gleichen Werthe erhalten. Im übrigen ist aus den Tabellen ersichtlich, dass der Gewichtsunterschied zwischen Sparren- und Pfettendach bei enger Binderstellung und mehrfacher Theilung verschwindend ist, dagegen zu Ungunsten der Pfettendächer meist mit der grösseren Binderentfernung. Ebenso geht daraus hervor, dass die mehrtheiligen Systeme für die Pfettendächer günstiger sind, was ohne weiteres einleuchtet. Im übrigen sind die beiden Systeme bei den entsprechenden Spannweiten ziemlich gleichwerthig.

Theoretisch behandelt die Frage Th. Landsberg in der Zeitschrift für Bauwesen 1885, S. 105.*) Er zieht das Dreieckdach, das deutsche Dach, den englischen und den Polonceau-Dachstuhl, sowie den Sichelträger inbetracht bei Dachneigungen von $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ und einem Stich des Untergurtes von 0 bis $^1/_4$. Er kommt zu dem Ergebniss, dass der Sichelträger der vortheilhafteste ist und nur 68—75 % der Materialmenge des englischen, 61—75 % des Polonceau-Dachstuhles erfordert. Gleich günstig ist das Verhältniss gegenüber dem deutschen und dem Dreieckdach und zwar ganz besonders bei geringen Pfeilverhältnissen, also flacher Dachneigung. Der englische Dachstuhl stellt sich bei kleineren Spannweiten dem Polonceau nahezu gleich, bei flachen Dächern etwas ungünstiger. Er wird dagegen vortheilhafter bei grösseren Spannweiten, die eine mehrfache Theilung des Systems beim Polonceau erfordern würden. Sehr günstig ist auch das einfache Dreieckdach mit Fachwerksparren bei entsprechend günstiger Ausgestaltung. Es kommt dann fast dem Sicheldache nahe, eine Erfahrung, die namentlich in Frankreich diesem System, abgesehen von seinem Vorzuge grosser Einfachheit, zu ausgedehnter Anordnung verholfen hat.

Im übrigen sei auf die obige Quelle verwiesen.

Einen interessanten Vorschlag zur Gewichtsverminderung von eisernen Dachbindern mit Einschalung und Pappdeckung macht Reg.-Baumstr. Leschinsky in No. 83 der „Deutschen Bauzeitung", Jahrg. 1902. Er will die Schalung, die bisher nur sehr wenig ausgenützt wird, auch für die Axialkräfte im Obergurt des Binders ausnützen, überhaupt anstelle des Obergurtes setzen. Der Binder besteht also nur noch aus einer Eisenarmirung der Schalung, welch' letztere sich am Scheitel und an der Traufkante gegen kräftige Schwellen stemmt. Die Materialersparniss ist gegenüber dem Polonceaudache sehr bedeutend.

i. Zelt- und Thurmdächer.

Der Begriff des Zelt- und Thurmdaches ist bereits im Hauptabschnitt III, Zimmerarbeiten, S. 279 erläutert. Es sind zentrale, allseitig abgewalmte, also in einer Spitze endigende Dachkonstruktionen von rechteckigem (meist quadratischem) oder vielseitigem (meist achtseitigem) Grundrisse. Die Zeltdächer unterscheiden sich äusserlich von den Thurmdächern nur durch ihre flachere Neigung. In ihren Konstruktionen kommen zwei grundsätzlich verschiedene Ausführungsweisen in Anwendung. Bei den ersteren werden die Dächer aus ebenen Bindern gebildet, die meist in den Diagonalen des zu überdeckenden Raumes liegen und sich im

---

*) Th. Landsberg, Das Eisengewicht eiserner Dachbinder. Auch als Sonderdruck 1885 erschienen.

Mittelpunkt durchkreuzen. Diese Anordnung kommt namentlich für den quadratischen Grundriss infrage. Im anderen Falle liegt die ganze tragende Konstruktion nur in der Dachfläche. Die von den Ecken des Grundrisses ausgehenden Sparren stossen in der Mitte in einem Druckring, Stiehl oder gemeinsamen Schuh zusammen und sind am Fuss durch einen der Form des Grundrisses folgenden Zugring verbunden. Wird die Sparrenlänge zu gross, sodass seitliches Ausknicken zu befürchten ist, so werden weitere wagrechte Zwischenringe zur Aussteifung derselben eingeschaltet. Diese Anordnung, welche namentlich bei dem Thurmhelm gebräuchlich ist, entspricht dann vollständig denjenigen der im nachstehenden Kapitel besprochenen Kuppeln und wird auch nach denselben Grundsätzen berechnet.*) Sie unterscheiden sich jedoch von den Kuppeln insofern, als abgesehen vom Fussring, alle Zwischenringe nur Druckspannungen enthalten, während in der Kuppel auch diese überwiegend Zugspannungen ausgesetzt sind.

Die eisernen Thurmdächer werden neuerdings meist nach der zweiten Bauweise ausgeführt. Es sind also nur von den Grundrissecken ausgehende Gratsparren vorhanden, die in entsprechenden Abständen wagrecht verbunden werden. In die so entstehenden trapezförmigen Felder werden gekreuzte Diagonalen ein-

Fig. 1531 b.

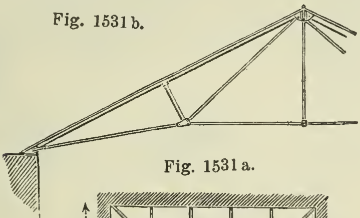


Fig. 1531 c.



Fig. 1531 a.

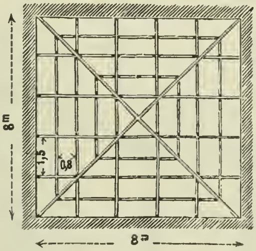
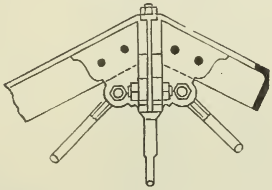


Fig. 1531 d.



gelegt, welche der Verdrehung durch Wind entgegenwirken. Hierzu treten u. Umst. auch noch wagrechte Versteifungen in der Ebene der Ringe, die aber nicht grundsätzlich erforderlich sind. Bei grösseren Thurmspitzen, die im Inneren zugänglich gemacht werden sollen, bilden die Stockwerkböden an sich schon derartige wagrechte Aussteifungen. Bei den eisernen Thurmdächern spielt die Belastung durch Winddruck gegenüber der Eigenlast eine überwiegende Rolle. Sie sind daher mit dem darunter liegenden Mauerwerk zu verankern, wobei jedoch die Lager bei grossen Ausführungen zumtheil verschieblich gestaltet werden. Bei den flachen Zeltdächern mit zwei sich kreuzenden Bindern, muss stets je ein Ende der letzteren verschieblich sein.

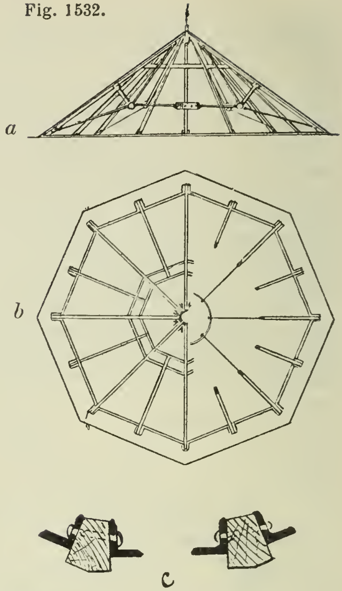
Den eisernen Thurmdächern wird in neuerer Zeit mehr und mehr der Vorzug vor den hölzernen gegeben, einmal wegen ihrer grösseren Feuersicherheit, die einen vollständigen Zusammensturz des Daches, das auch für das übrige Bauwerk von den schwersten Folgen sein kann, nicht so leicht eintreten lässt, andererseits wegen der wesentlich grösseren Einfachheit in der Konstruktion und namentlich bei der Aufstellung. Letzterer Umstand wirkt bei der Bevorzugung namentlich ganz besonders mit.

Ein einfaches Beispiel erster Art zeigt Fig. 1531 a—d in einem Zeltdach über quadratischem Grundriss von 8 m Seitenlänge. Die beiden nach dem ein-

*) Vergl. auch Müller-Breslau, Die Berechnung achtseitiger Thurmpyramiden, Zeitschr. d. Vereins Deutsch. Ing. 1899, S. 1126.

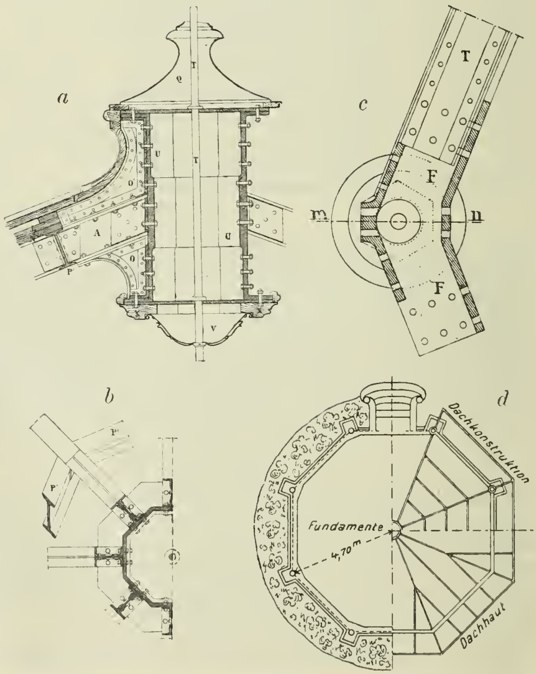
fachen Polonceau gestalteten Hauptbinder liegen in der Diagonale des Raumes und stossen am Kopfe in einem gusseisernen Schuh zusammen, an welchem auch die Zugstangen angreifen. Diese Anordnung ist nicht die übliche. Gewöhnlich geht ein Binder ungetheilt durch. An diesen schliesst sich mit Winkellaschen der getheilte zweite Binder an. Gegen die Hauptbinder sind die Zwischensparren, die wagrecht versteift sind, angeschiftet.

Fig. 1532.



Eine ähnliche Anordnung über achteckigem Grundriss giebt Fig. 1532a—c. Auch hier sind die Grate durch Polonceaubinder gestützt, deren wagrechte Zugstangen an einen Mittelring angreifen (Fig. b rechts). Die Füsse sämmtlicher Sparren sind durch einen Ring verbunden. Insofern geht also diese Anordnung schon in die zweite Form über. Die Zwischensparren sind entsprechend steif gegen Ausknicken nach Fig. c, wie die Hauptsparren aus zwei L Eisen mit eingelegtem keilförmigen Futterstück gebildet, zwischen deren Schenkel Eichenlatten eingeschoben sind, auf welchen die Schalung aufgenagelt ist.

Fig. 1533.



Als ein Beispiel, welches die zweite Anwendungsart klar durchgeführt zeigt, dient Fig. 1533 a-d, welche einen französischen Musikpavillon wiedergiebt*). Der auf Säulen ruhende offene Kiosk hat achtseitigen Grundriss von 4,70 m Halbmesser des umschriebenen Kreises. Die aus I Eisen bestehenden Gratsparren A, stützen sich, wie Fig. a und b zeigt, in der Mitte gegen einen achtseitigen Gusskörper U, mit dem Fusse gegen einen achtseitigen schmiedeisernen Ring T (Fig. c) der auf dem Kopf der Säulen ruht und mit kräftigen Schuhen verbunden ist. In der lothrechten Ebene ist gegen Formveränderung des ganzen Systems durch die Konsole O u. O′ (Fig. a) eine Aussteifung erzielt, gegen Verdrehung im wagrechten Sinne, durch die obere Querversteifung P′, die mit breiten Winkel-

*) Entnommen aus Nouv. annales de la construction 1890, Taf. 9.

laschen an den Sparren befestigt ist. Die übrigen im Grundriss angedeuteten Querversteifungen sind zwar ebenfalls **I** Eisen, aber nur von etwa der halben Höhe von P'. Das Dach ist mit Zink auf Schalung gedeckt. Die innere Schalung dient als Schalldeckel.

Eine grössere Ausführung der gleichen Art giebt Fig. 1534 in dem Dache des früheren Zirkus Otto in Berlin wieder, einem über 20eckigem Grundriss von 37,3m innerem Durchm. errichteten Zeltdach, dessen Sparren als Gitterträger ausgebildet sind, sich in der Mitte gegen einen gusseisernen, eine Laterne tragenden Ring und am Fuss gegen einen schmiedeisernen Zugring stützen.

Fig. 1534.

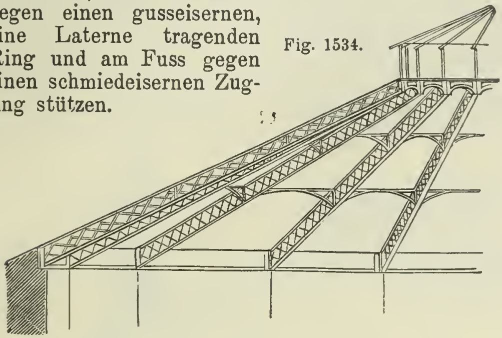


Fig. 1536 c.

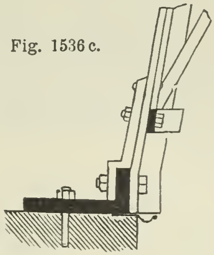


Fig. 1536 b.

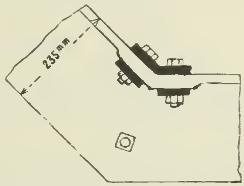


Fig. 1535 a—c.

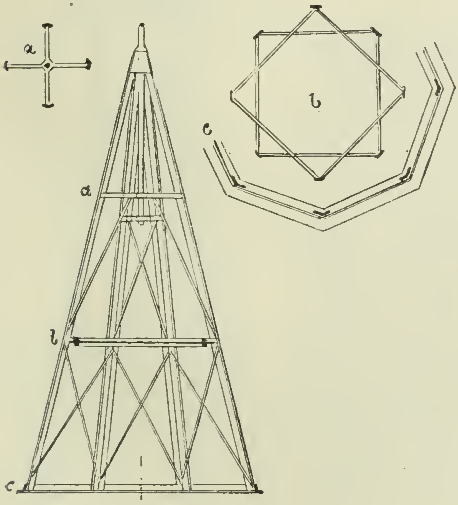
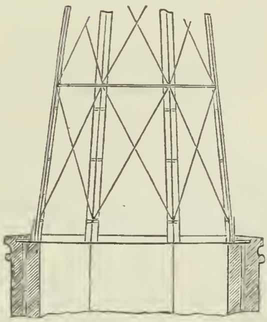


Fig. 1536 a.



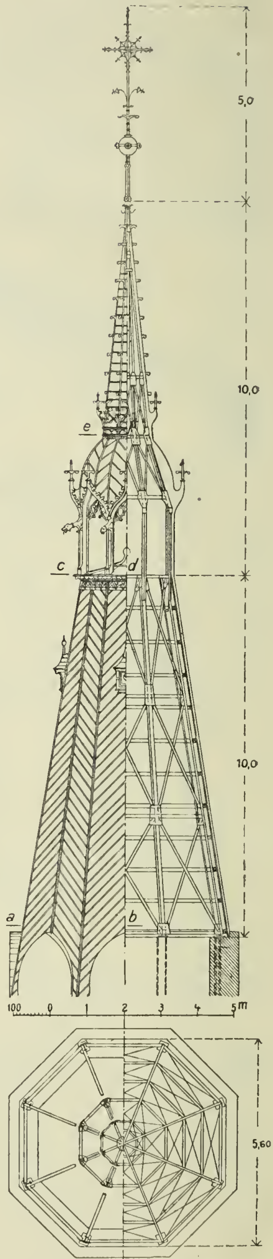
Die bedeutendste Ausführung eines flachen Zeltdaches ist wohl das Dach über der Rotunde im Prater in Wien, dem ehemaligen Hauptgebäude der Wiener Weltausstellung 1873. Das Dach überspannt einen Raum von 109,8 m Durchmesser.*)

Einfache Thurmdächer sind in den Fig. 1535 a—c u. 1536 a—c dargestellt, beide über achtseitigem Grundriss. Bei ersterer Ausführung sind die Sparren in den wagrechten Ebenen a und b noch durch Flacheisen überkreuz bezw. übereck ausgesteift. Die zweite Figur giebt das Thurmdach der Klosterkirche in Berlin wieder. Hier sind ausser den gekreuzten Diagonalen in der Dachfläche nur noch wagrechte Ringe zwischen den Sparren zur Versteifung eingelegt. Die Fig. b und c zeigen die Verbindung der Sparren mit dem Fussring.

*) Vergl. Zeitschr. d. österr. Ing. u. Arch.-Vereins 1873.

In Fig. 1537 a und b ist der Thurmhelm der Peter Paul-Kirche in Liegnitz (Eisenkonstruktion entworfen und ausgeführt von Bretschneider & Krügner in Pankow bei Berlin) dargestellt, der sich auf achtseitigem Grundriss, von rd. 5,6 m Durchmesser des einbeschriebenen Kreises, rd. 10 m bis zur Laterne, weitere 10 m bis zur Spitze der letzteren und insgesammt 25 m bis zur Spitze des Kreuzes erhebt. Die Sparren des Helmes selbst sind in I Eisen, die Pfetten der Laterne aus][Eisen und die Sparren der Spitze aus ⅂Γ Eisen gebildet. In den wagrechten Ebenen a—b, c—d, e—f sind kreuzförmige Versteifungen eingelegt. Das Dach ist auf Holzpfetten und Schalung gedeckt.

Fig. 1537 a und b.



Schnitte a-b, c-d, e-f. Aufsicht.

Bezüglich neuerer zweckmässiger Konstruktionen vergl. die einschlägigen Veröffentlichungen, unter anderen: Thurmhelm der Katharinenkirche zu Osnabrück, Zeitschr. d. Hannoverschen Vereins 1882, S. 865; Thurmhelm von St. Petri in Hamburg, Zeitschr. f. Bauwesen 1883, S. 37.

k. Kuppeldächer.

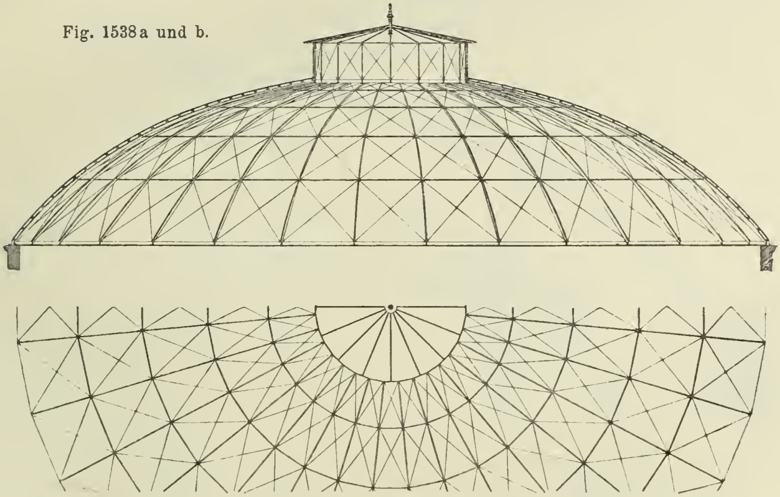
Wie schon erwähnt wurde, werden die Kuppeldächer meist nach denselben Grundsätzen ausgeführt, wie die Zeltdächer, d. h. entweder als Binderkuppeln oder als solche, bei denen die tragende Konstruktion ganz in der Kuppelfläche liegt. Die erstere Anordnung wird namentlich über rechteckigen oder quadratischen Grundrissen, die letztere über vielseitigen und insbesondere bei flachen Kuppeln angewandt. Schwedler hat diese Anordnung zuerst ausgeführt und theoretisch begründet.*) Diese Kuppeln bestehen aus einzelnen in der Mantelfläche liegenden Sparren, die auf Druck beansprucht werden, dem oberen Druckring und dem unteren Zugringe, gegen welche sich die Köpfe bezw. Füsse der Sparren stemmen. Zwischen den beiden letzteren wird die Kuppel durch mehrere wagrechte Ringe in eine Anzahl von Zonen getheilt, deren trapezförmige Felder durch gekreuzte Diagonalen gegen einseitige Belastung, namentlich Winddruck**) ausgesteift werden. Der Unterschied vom Zeltdach gleicher Anordnung besteht also hier nur in den gebogenen Sparren. Die Kuppeln werden meist von einer Laterne gekrönt.

*) Zeitschr. für Bauwesen 1866. Weitere theoretische Betrachtungen siehe Zeitschrift für Bauwesen 1888, S. 43 (Hacker, Statische Bestimmung des Fachwerkes im Raum bei schiefer Belastung); Zeitschr. des Ver. deutsch. Ing. 1898, S. 1205 (Müller-Breslau. Beitrag zur Theorie der Kuppel- und Thurmdächer); Zeitschrift f. Bauwesen 1901 (Zimmermann. Ueber Raumfachwerke) usw.

**) Ueber Winddruck auf Kuppeln vergl. R. Landsberg, Centralbl. d. Bauvwltg. 1898, S. 297. Vergl. dazu auch S. 505 Die Mittheilungen über Versuche über den Winddruck auf Kuppeln von Irminger, nach welchen die bisherigen Annahmen über die Grösse und Wirkung des Winddrucks nicht den thatsächlichen Verhältnissen entsprechen sollen.

Die Kurve, nach welcher die flachen Schwedlerkuppeln gekrümmt sind, ist eine kubische Parabel. Diese Anordnung hat zurfolge, dass durch die Eigenlast nur die Sparren und Schlussringe, nicht aber die Zwischenringe beansprucht werden. Die Sparren tragen meist hölzerne Pfetten, auf welche unmittelbar die Schalung genagelt ist, welche mit Pappe, Zink, Kupfer gedeckt wird. Auch Wellblechbedachung auf eisernen Pfetten kommt in Anwendung, aber nur selten. Die Sparren müssen zur Aufnahme der Pfetten einen biegungsfesten Querschnitt erhalten, werden also ⅂Γ förmig mit eingelegtem Stehblech ausgebildet. Die Winkel sind dabei gleichmässig gebogen, die Stehbleche geradlinig von Knoten zu Knoten. Während der untere Zugring aus hochkantigem Flacheisen hergestellt wird, zeigen die übrigen Ringe ∟ Querschnitt. Der obere Druckring ist noch durch ein hochkantiges Flacheisen verstärkt. In Flacheisen werden auch die Diagonalen gebildet. Die Stäbe werden an den Knoten durch in der Dachfläche liegende, gebogene Knotenbleche mit einander verbunden. Das Schema

Fig. 1538 a und b.



einer solchen Kuppel ist in Grund- und Aufriss nach dem Musterbuch von Scharowsky in Fig. 1538 a und b wiedergegeben. In diesem Werke finden sich auch durchgerechnete Beispiele solcher Kuppeln von 10—60 m. Das Eisengewicht derselben einschl. Laterne schwankt dabei für 1 qm Grundfläche zwischen 24,7 und 36,0 kg. Für einen Kubikmeter umbauten Raumes (die Laterne als Raum nicht eingerechnet) sinkt das Gewicht von 23,2 auf 5,6 kg. Diese Gewichte ergeben sich unter der Annahme eines Eigengewichtes einschl. Holzpfetten, Schalung und Dachpappe von 70 kg/qm und einer Belastung durch Schnee und Wind von 100 kg/qm der Grundfläche. Das Gewicht der Laternenkonstruktion ist ausserdem mit 250 bis 3200 kg in Rechnung gestellt. Die Annahmen über die zulässige Beanspruchung sind die früheren.

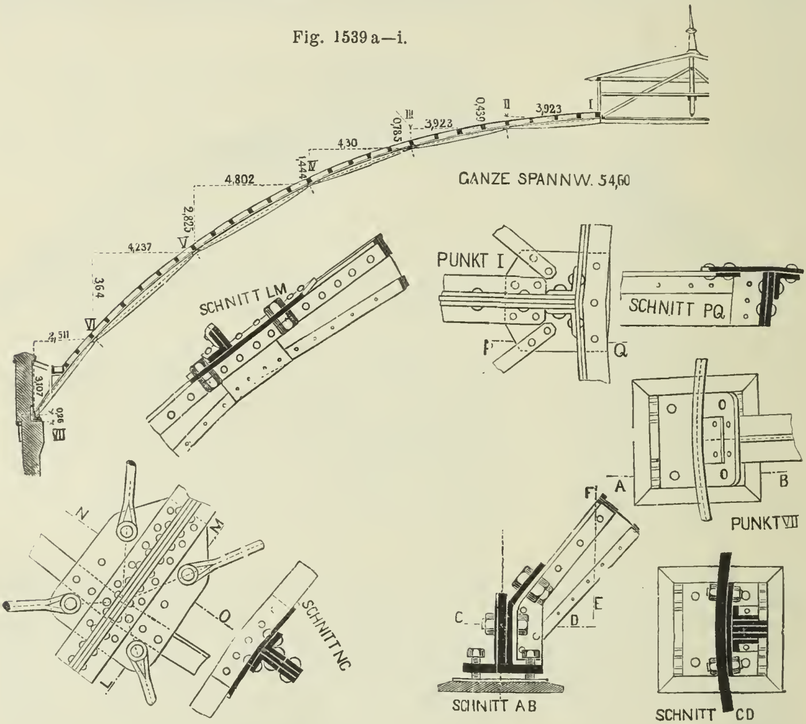
Solche Kuppeln sind namentlich mit Vorliebe über Gasbehältern und kreisförmigen Lokomotivschuppen zur Ausführung gekommen. Ein Beispiel von Berliner Gasbehältern giebt die Fig. 1539 a—i mit 54,9 m Durchmesser bei 12,25 m Höhe und mit einem Laternenaufsatz von 7,0 m Durchmesser. Das Dach hat 32 Sparren, die, wie Fig. a zeigt, durch Fuss- und Kopfring, sowie fünf Zwischenringe zusammengehalten werden. Die Sparren sind, wie schon beschrieben, aus zwei ∟ mit Stehblech zusammengesetzt. Letzteres ist zwischen den Knoten an der Unterkante geradlinig und durch zwei aufgelegte Flacheisen verstärkt. (Schnitt L M und A B.) Punkt I zeigt den Anschluss an den Kopfring, der nach Schnitt P Q aus einem Γ mit zwei aufgelegten hoch-

kantigen Flacheisen gebildet ist, während der Fussring, Schnitt A B und C D, nur aus einem hochkantigen Flacheisen besteht. Die Sparrenfüsse stützen sich auf gusseiserne Schuhe mit vier Stellschrauben, die in Nuthen der gusseisernen Druckplatten eine gewisse Verschiebung ermöglichen.

Grundfläche 2370 qm, Gesammt-Eisengewicht 68000 kg, also 28,7 kg/qm Grundfläche. Das Gewicht ist verglichen mit den Scharowsky'schen Tabellen etwas geringer. Dort würden sich für 55 m Durchm. rd. 34 kg/qm ergeben (insgesammt 81100). Gegenüber älteren Ausführungen derselben Art zeigte sich diese sorgfältig durchgebildete Konstruktion in der Sparsamkeit des Eisenverbrauches sehr erheblich überlegen.

Die Montage dieser Kuppeln erfolgte früher derart, dass ein grösseres fertiges Mittelstück mit Hebeladen gehoben wurde, und dass dann die Sparren

Fig. 1539 a—i.



zu zwei und zwei verbunden angesetzt wurden. Bei den neueren Ausführungen hat man die Kuppel auf dem Fundament der massiven Gasometerhauswand aufgebaut und dann mit dem Fortschritt des Mauerwerks mit Druckwasserpressen, die einheitlich in genau gleicher Höhe gesteuert werden, schrittweise gehoben.*)

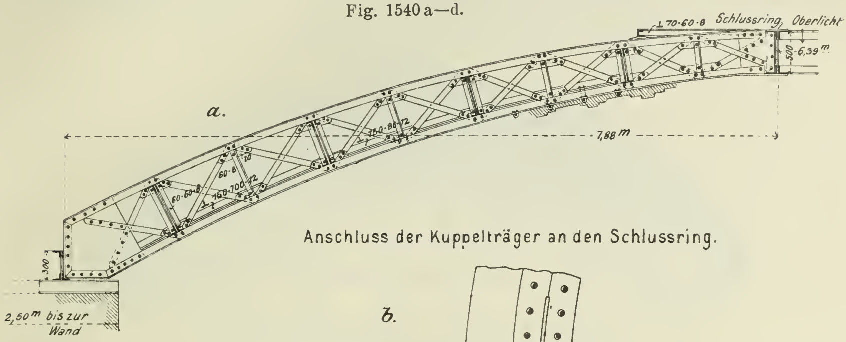
Ein interessantes Beispiel einer Schwedler'schen Flachkuppel ist die Kuppel über der „Neuen Kirche" auf dem Gensdarmen-Markt zu Berlin (Ing.-Brth. R. Cramer in Berlin). Die Kuppel ist über 5eckigem Grundriss als regelmässiges 20 Eck von 17,02 m innerem Durchmesser errichtet. Das Interessante an der Konstruktion ist die Art und Weise, wie die fehlende Unterstützung für den Fussring gewonnen worden ist. (Näheres siehe Zeitschr. für Bauwesen 1883, S. 163.)

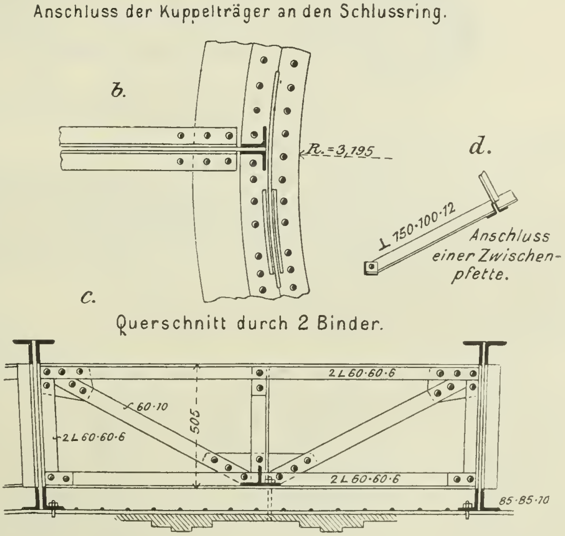
*) Näheres siehe Dtsche. Bauztg. 1888, S. 350.

Bei stark belasteten, weit gespannten Flachkuppeln reichen die **T** förmigen Sparrenquerschnitte nicht mehr aus. An ihre Stelle treten **I** Querschnitte aus Walzprofilen oder genietete, die dann meist der Kuppelkrümmung entsprechend gebogen werden, oder auch Gitterträger und schliesslich regelrechte Fachwerkbögen.

Eine Flachkuppel über einen Innenraum stellt Fig. 1540 a—d dar. Es handelt sich um die innere Kuppel über dem Sitzungssaal des Parlamentsgebäudes in Brüssel.*) Die Kuppel hat die Grundrissform des nur etwas mehr als halbkreisförmigen Sitzungssaales (20 m Lichtweite). Der volle Halbkreis ist aber regelmässig ausgebildet, sodass auf die Besonderheit der übrigen Konstruktion hier nicht einzugehen ist. Die Sparren der 22,15 m weit gespannten Kuppel,

Fig. 1540 a—d.





16 auf die Halbkuppel, sind als Fachwerkbogen mit 2 m Stich ausgebildet, die sich in der Mitte gegen den 6,39 m weiten, das Oberlicht enthaltenden, 0,50 m hohen Schlussring stützen, am Fusse gegen einen genieteten Zugring, der nur auf Pfeilern ruht, die aber noch durch wagrechte Träger gegen die Aussenwand des Saales abgesteift sind. Fig. b zeigt den Anschluss der Sparren an den Schlussring, Fig. c einen Schnitt durch zwei Sparrenbinder. Diese sind unter sich noch durch vier leichte Gitterträger verbunden, welche gleichzeitig als Stütze für einen **⊥** förmigen Zwischensparren dienen. An diesen Zwischensparren und an den Untergurten der Hauptsparren sind in Zonen von 360 mm Abstand mit Bügeln 23 mm starke Rundeisen aufgehängt, welche ein Drahtnetz und dann den Stuck der kassettenförmigen Decke tragen.

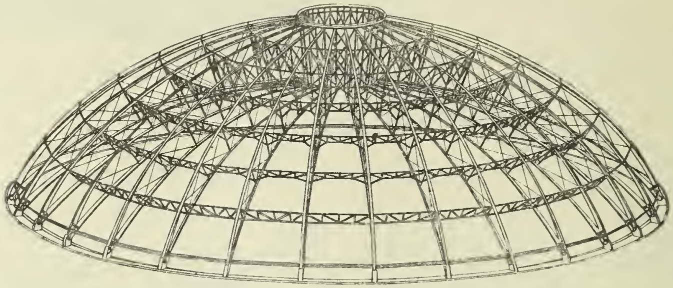
Ein sehr bedeutendes Beispiel einer Flachkuppel und interessant durch die Besonderheit ihrer zwar nicht durchaus nachahmenswerthen Konstruktion ist die Ueberdachung der Albert Halle in Kensington-London, Fig. 1541 a u. b.**) Die Kuppel ist über einem elliptischen (aus 4 Kreisbögen zusammengesetzten) Grundriss von 69,04 bezw. 58,67 m Axenlänge erbaut. Wie Fig. a erkennen lässt,

*) Aus Contag „Neuere Eisenkonstr. des Hochbaues in Frankreich u. Belgien“.

**) Aus L. Mertens, Eiserne Hallen und Dächer in England.

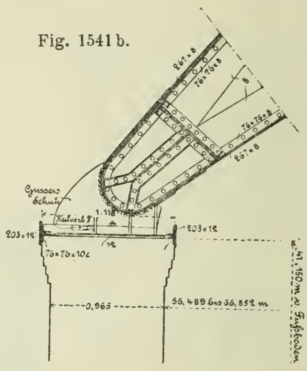
sind die 30 nach dem Grundrissmittelpunkt gerichteten Sparren, oder besser gesagt Binder, als halbe sichelförmige Fachwerkbogen gestaltet, die sich einerseits gegen einen sehr steifen Scheitelring von 5,59 bezw. 3,78 m Axlänge, andererseits durch Vermittlung gusseiserner Lager, Fig. b, die mittels Keilen genau eingestellt werden konnten, gegen einen Fussring setzen, der als liegender 1,12 m breiter Blechträger ausgebildet ist. Auf dem Schlussring erhebt sich noch eine hohe Laterne. Die Sparren, deren Untergurt nach einem Halbmesser von 44,20 m gekrümt ist (Obergurt 34,75 m) bei 10,55 m Pfeil, besitzen im Anschluss an den Druckring eine Höhe von 5,61 m. Beide Gurte sind aus 2 kontinuirlich gebogenen ┏ Eisen 76 . 76 . 8 mm mit eingelegtem Stehblech 229.8 mm hergestellt, die senkrecht zur inneren Bogenlaibung stehenden Fachwerkstäbe aus vier gespreitzten ∟ 63 . 63 . 8, die doppelten Diagonalen jedes Feldes aus 35 mm starken Rund-

Fig. 1541 a. Dach der Albert-Halle, Kensington, London.



stangen. Die Sparren sind nur in wagrechtem Sinne durch 6 Zwischenringe versteift.

Fig. 1541 b.



Bei der Aufstellung verfuhr man so, dass die Keile erst angezogen wurden, nachdem die fertig zusammengebaute und ausgerüstete Kuppel unter dem Einflusse ihres Eigengewichtes sich entsprechend mit den Binderfüssen eingestellt hatte. Der Zugring nimmt also nur die Spannungen aus Dachdeckung und Schnee- und Windlast auf.

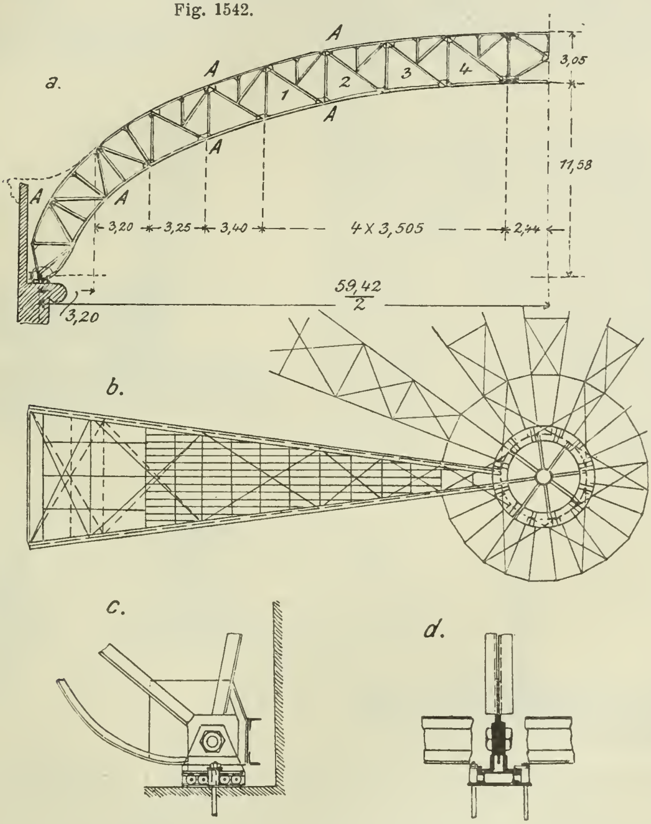
Ein amerikanisches Beispiel von ähnlich bedeutenden Abmessungen wie das vorige ist die Kuppel über dem neuen Hotel in West Baden, (Ind.), vergl. Fig. 1542a—d.*) Die Kuppel ist über 24 eckigem Grundriss von 59,42 m Durchmesser errichtet. Die 24 Sparren sind nach Fig. a als Fachwerkträger mit elliptischer Krümmung von 13,1 m Pfeil, zwischen Drehbolzen der Auflager und Bogenmitte im Scheitel gemessen, ausgeführt. Sie haben im grössten Theile ihres Verlaufes parallele, 3,05 m von einander entfernte Gurtungen und stemmen sich im Scheitel gegen einen Druckring von gleicher Höhe und 4,88 m Durchmesser, der aus einem durch senkrechte Winkel ausgesteiften 10 mm starken Stehblech, 4 ∟ Eisen 125 . 90 . 8 und je 1 Kopfplatte von 600 . 8 mm besteht. Zur weiteren Versteifung ist der Ring im Inneren, wie Fig. b zeigt, noch durch vier Diagonalen versteift. Der Fussring ist aus einem 600 mm hohen Stehblech und 2 äusseren ┏ Eisen gebildet. Sämmtliche Stäbe der Sparren erfordern nicht mehr als höchstens 2 ┏ Eisen der üblichen Querschnitte. Jedes zweite Bogenpaar ist in Höhe des Ober- und Untergurtes durch Quersteifen und gekreuzte Diagonalen ausgesteift, ausserdem auch noch an den 3 Stellen A—A. Fig. a, nach der Quere. Wie die Fig. c und d zeigen, sind die Sparrenfüsse durch einen Dreh-

*) Nach Engineering News, Sept. 1902, S. 159.

bolzen mit den genieteten Auflagern verbunden, die auf Rollen liegen, sodass eine gewisse Verschieblichkeit ermöglicht ist. Die ganze Kuppel einschl. der Eindeckung wiegt 216 t, d. h. etwa 51 kg auf 1 qm Grundfläche.

Handelt es sich nicht in erster Linie darum, über einem zentralen Raum eine möglichst leichte, freitragende Ueberdeckung zu schaffen, sondern, soll die Kuppel als ein das ganze Bauwerk beherrschender Bautheil in die Erscheinung treten, so kommt man zu Rundkuppeln, die natürlich je nach dem Grundriss und nach der gewählten Formensprache sehr verschiedene Gestalt erhalten können. Sie eignen sich besser als die Flachkuppeln zur Aufnahme schwerer Laternenaufbauten.

Fig. 1542.



Man kann auch hier wieder nach dem Vorgange Schwedlers das gesammte Tragwerk in die Kuppelfläche legen, oder nach Art der zuletzt beschriebenen Flachkuppel-Ausführungen, die Sparren als kräftiger konstruirte Bögen herstellen.

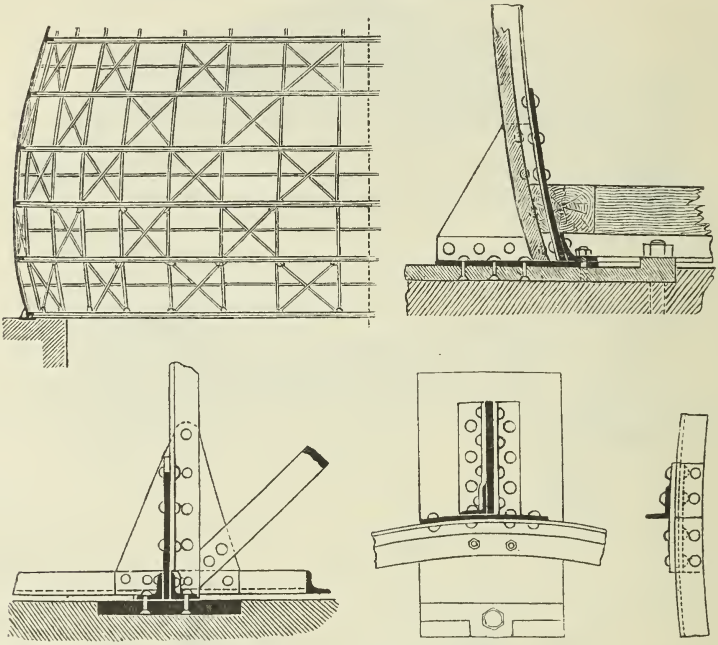
Ein älteres Beispiel ersterer Art ist die von Schwedler selbst konstruirte Kuppel über der neuen Synagoge in Berlin,*) die in Fig. 1543 a—c dargestellt ist. Die überhöhte Kuppel hat 13,2 m Durchmesser am Fussring und 13,8 m an der grössten Ausbauchung. Sie besitzt 36 Sparren aus L 65 . 65 . 7, die in Abständen von 0,63 m durch L Eisen-Ringe, Fig. c, verbunden sind. Im Scheitel stützen sich die Sparren gegen einen Kegel, am Fuss sind sie durch besondere Eckbleche ausgesteift, Fig. b, c, d; der Fussring, der bei dieser Form nur geringe Spannung erhält, besteht aus einem stumpfwinkligen L Eisen, Fig. b.

*) 1859—66 von Knoblauch erbaut bezw. von Stüler vollendet.

Als neueres Beispiel einer Rundkuppel mit hohem Dachreiteraufsatz sei diejenige der Heilig-Kreuz-Kirche in Berlin (Arch. Prof. Joh. Otzen, Konstruktion entworfen und ausgeführt von Brettschneider & Krügner in Pankow-Berlin) in den Fig. 1544 A, B und C nebst ihren verschiedenen Seitenfiguren, welche die Einzelheiten der Konstruktion darstellen, wiedergegeben. Die Kuppel ist nach ihrer Gesammtanordnung eine Schwedlerkuppel, die einen hohen Dachreiteraufbau trägt. Wie Fig. A zeigt, ist der Grundriss ein regelmässiges Achteck, sie geht aber in Höhe des Ringes V, Fig. C, in ein regelmässiges Sechzehneck über, indem zu den Gratsparren des Achtecks noch acht weitere hinzutreten, welche sich auf die Spitzen der den Thurm bekrönenden Giebel aufsetzen.

Die Kuppel hat in Höhe des Fussringes einen Durchmesser von 14 m und eine Höhe von 12,27 m. Darauf erhebt sich der 21,5 m hohe Dachreiter. Letzterer

Fig. 1543 a—e.



hat einen quadratischen Grundriss und reicht mit seinen 4 Eckpfosten in die Kuppel bis zum V. Ring herab. Hier ist er durch wagrechte Steifen aus I Eisen No. 19 mit den Eckpunkten des 16 Ecks sternförmig verbunden. Mit dem 30 cm hohen Druckring, der aus einer Blechwand 7 mm stark und 2 Γ 60 . 80 . 8 besteht, vergl. Fig. B, I a und I b, ist er durch Auflegung von wagrechten Blechen auf den zwischen seinen Eckpfosten und dem Druckring verbleibenden Kreisabschnitten, sowie durch lothrechte Bleche und Eckaussteifungen zu einem festen Ganzen verbunden. Die Konstruktion ist also gegen Windangriff ausserordentlich steif. Ring V, der besondere Beanspruchungen durch den Angriff der wagrechten Aussteifungen erleidet, ist aus ⊐ Eisen hergestellt, während für die übrigen Ringe ⅂ Eisen genügen, vergl. Fig. V a bis c, bezw. II a u. IV a. Die Kuppelsparren bestehen aus I Eisen 125 . 75 mm. Ihre Füsse sind durch den Zugring verbunden, der aus 2 ⊐ Eisen 150 . 63 mm gebildet, auf gusseisernen Unterlagsplatten gelagert und sternförmig durch I Eisen verbunden ist, welche die Schalldecke über der Glockenstube tragen, vergl. Fig. VII a—c. Die Schalldecke ist dann nochmals am Fusse des Dachreiters aufgehängt. Die Diagonalen

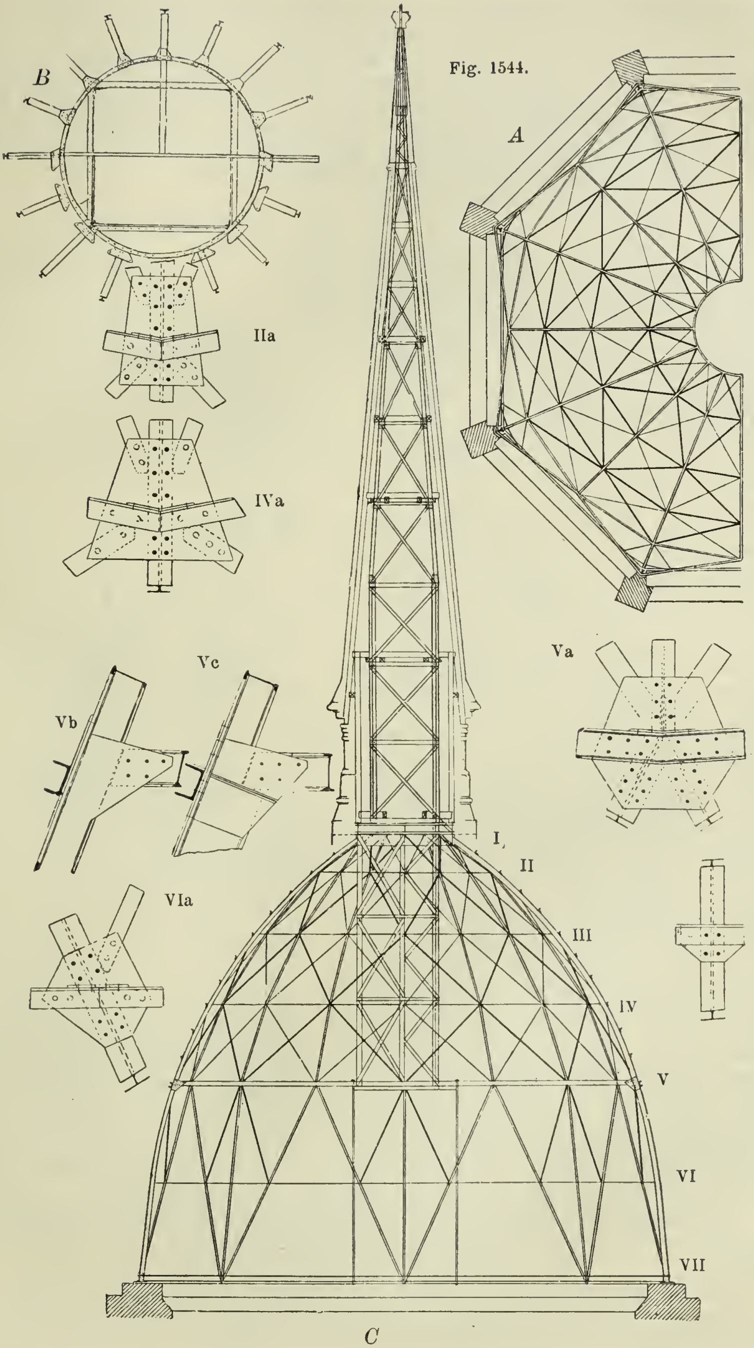


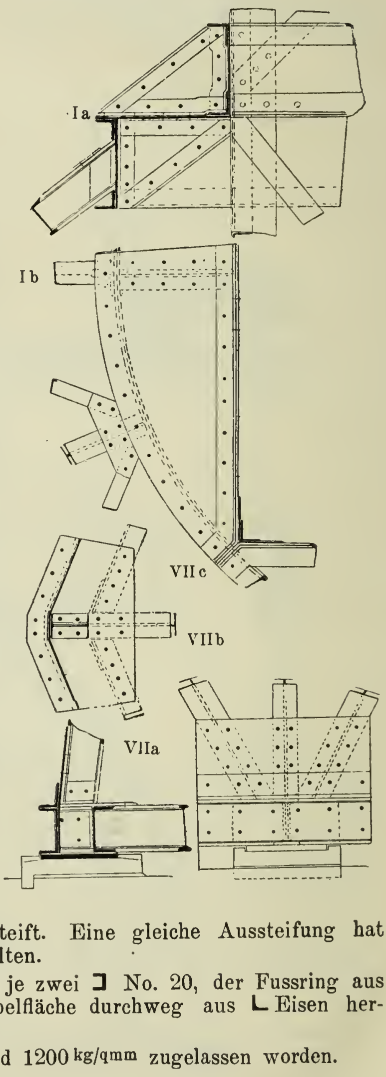
Fig. 1544.

in den Feldern der Kuppelfläche sind aus Flach- bezw. Winkeleisen gebildet, die an der Kreuzungsstelle unter sich vernietet sind.

Der Dachreiter wurde vollständig fertig einschl. der Verkleidung der Spitze unter Dach zusammengestellt und im ganzen gehoben (siehe unter Thurmspitzen), dann in richtiger Höhenlage mit dem Druckring und deren Versteifungen in Höhe des Ringes V fest verbunden. Die wagrechten Aussteifungen dienten dann als Gerüstböden für Zimmermann und Dachdecker, so dass nur noch einfache Auslegerrüstungen am Aeusseren erforderlich waren.

Die Kuppel ist mit Formziegeln auf Schalung eingedeckt.

Zu Fig. 1544. (Seite 657.)



Als letztes und zugleich jüngstes Beispiel dieser Art von Kuppeln sei diejenige vom Hauptgebäude der Düsseldorfer Industrie- und Kunstausstellung 1902 (Ingenieur O. Leitholf in Berlin) in Fig. 1545 a u. b*) dargestellt. Die Kuppelanordnung unterscheidet sich von den vorhergehenden dadurch, dass sie bei rechteckigem Grundriss von 29,0 m des eingeschriebenen Kreises und 15,8 m Höhe bis zum Laternenfuss, nur noch einen Zwischenring besitzt, also nur in 2 Zonen getheilt ist, und dass die Sparren nicht gebogen, sondern geknickt sind und die äussere Kuppelform erst durch hölzerne Sparren, die auf und zwischen den eisernen Gratsparren verlegt sind, hergestellt wird. Ausserdem ist mit dieser Kuppel, die sich auf einem 25 m hohen rechteckigen Eisenunterbau erhebt, noch eine innere Drahtputzkuppel mit Oberlichtkonstruktion verbunden, die an ihr aufgehängt, siehe Fig. a rechts, und mit ihr auch in wagrechtem Sinne versteift ist. Diese Versteifungen dienen gleichzeitig als Stützpunkte für hölzerne Streben zur Unterstützung der zwischen den Gratsparren liegenden Holzsparren. Auf dem Schlussring der Kuppel, der noch einen inneren Durchmesser von 8,60 m besitzt, erhebt sich eine Laterne, die in ihren konstruktiven Theilen 11 m hoch, mit ihrer Bekrönung eine Gesammthöhe von 15,20 erreicht. Darüber erhebt sich die Fahnenstange noch um weitere 10 m. Die durch den oberen Laternenaufbau hindurchreichende, an ihrem Fusse aus 4 L Eisen gebildete Fahnenstange, ist durch eine wagrechte, sternförmige Verstrebung gegen den Angriff des Windes mit der Laterne versteift. Eine gleiche Aussteifung hat das Laternendach an seinem Fussring erhalten.

Die Gratsparren der Kuppel sind aus je zwei ⊐ No. 20, der Fussring aus zwei ⊏ No. 18, die Diagonalen der Kuppelfläche durchweg aus L Eisen hergestellt.

Für die Beanspruchung des Eisens sind 1200 kg/qmm zugelassen worden.

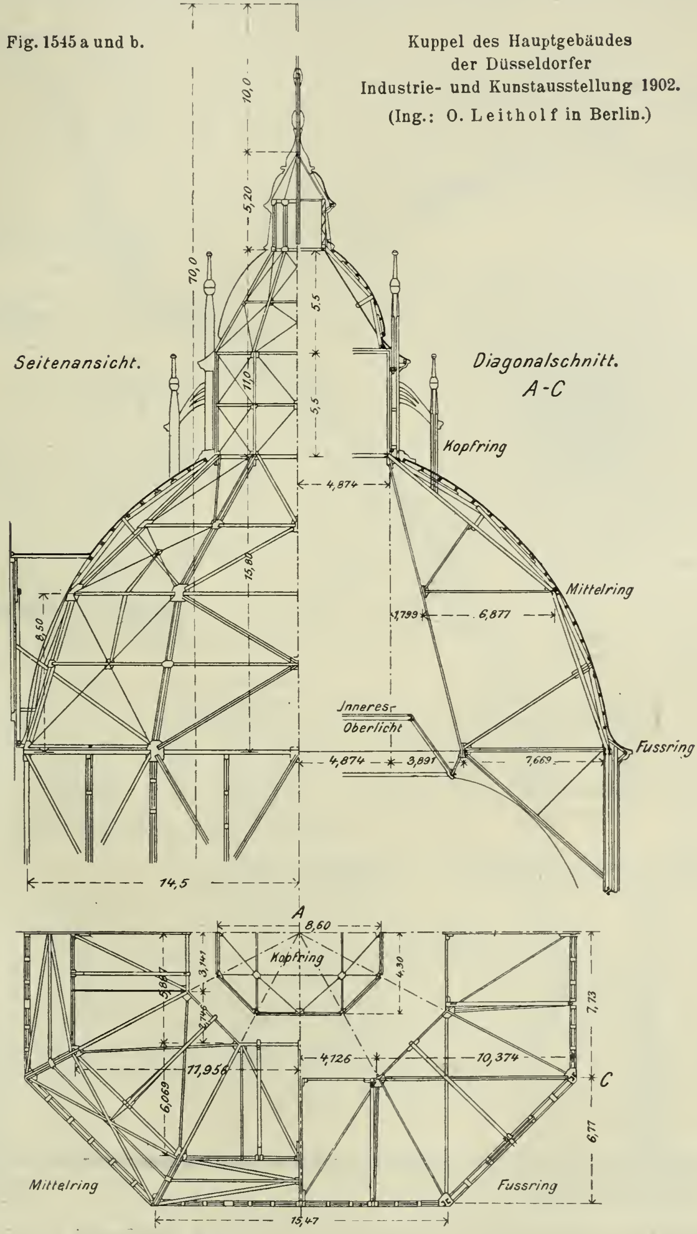
*) Nach der Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing. 1902, S. 633.

Eine Kuppel, deren Konstruktion zwar ebenfalls ganz in der Mantelfläche liegt, aber sich doch von den vorhergegangenenen Anordnungen als eine Binder-

Fig. 1545 a und b.

Kuppel des Hauptgebäudes der Düsseldorfer Industrie- und Kunstausstellung 1902.

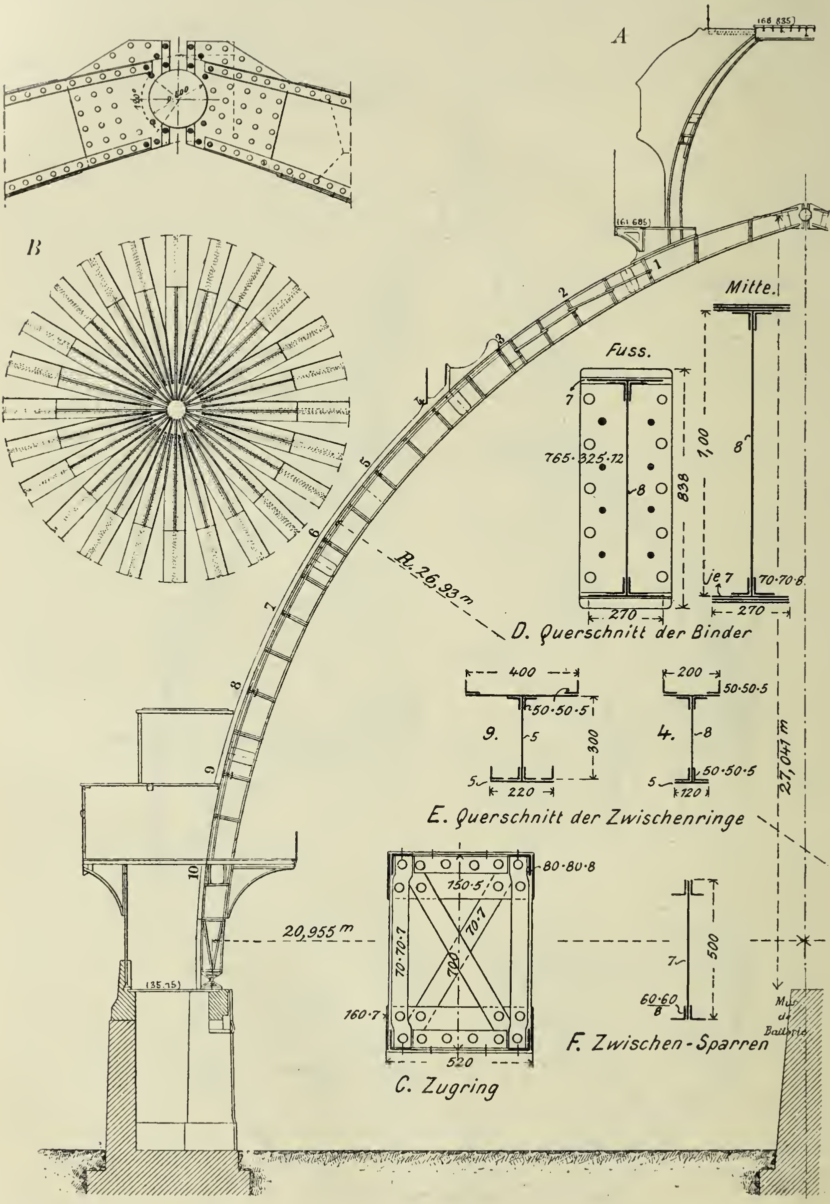
(Ing.: O. Leitholf in Berlin.)



kuppel wesentlich unterscheidet und auch in den Einzelheiten Interesse bietet, war diejenige des Pavillon, der bekannten Geschützgiesserei usw. von Schneider

in Creuzot*) auf der **Weltausstellung 1900 in Paris**, die in der Fig. 1546 A—F

Fig. 1546. Pavillon Schneider in Creuzot auf der Weltausstellung in Paris 1900.



dargestellt ist. Sie hat 41,91 m Durchmesser (es ist jedoch die Kuppel am Eingang

*) Vergl. Génie civil. Bd. I, Jahrg. 1900, S. 141.

etwas abgeflacht) und 26,74 m Höhe. zwischen den Fuss und Scheitelgelenken. Die Binder, 12 an Zahl, sind hier als spitzbogige Dreigelenkbogen und zwar als Blechträger mit Anschwellung des Querschnittes an der Stelle des ungünstigsten Momentes, d. h. an sich steif genug konstruirt, um die Axialspannungen und Biegungsspannungen in der lothrechten Ebene aufzunehmen. Die Zwischenringe steifen also die Sparren nur gegen seitliches Ausknicken aus; ausserdem tragen sie die Zwischensparren, Fig. F. Der Fussring, Fig. C, ist als kastenförmiger Gitterträger ausgebildet, die Zwischenringe sind Blechträger gleich den Sparren, vergl. die Querschnitte Fig. E und D. Bei der Berechnung ist ein wagrechter Winddruck von 120 kg auf 1 qm der Vertikalprojektion der vom Wind getroffenen Fläche angenommen, man hat dann aber für den ungünstigsten Belastungszustand 13,5 kg/qmm grösste Spannung zugelassen (10 kg/qmm und ohne Nietabzug für ungünstigste Belastung ohne Wind). Das Gewicht der Kuppel stellt sich auf rd. 400 t, einschliesslich des Laternenaufsatzes.

Interessant, und wohl zum ersten Male derart ausgeführt, ist die Gelenkbildung. Da im Scheitel 24 Binderhälften zusammentreffen, so sind diese in einem Kugelgelenk zusammengefasst, vergl. Fig. B. Die Kugel hat 400 mm Durchmesser und konnte in Gusseisen hergestellt werden, da die Pressung bei gleichmässiger Vollbelastung nur 0,57 kg/qmm des Kugelquerschnittes, bei ungünstigster nur 3,7 kg/qmm ausmacht. Die Fussgelenke der Binder sind einfache Bolzengelenke.

Fig. 1547.

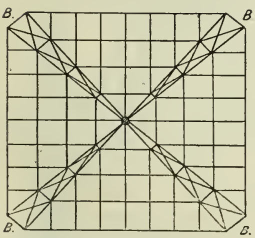
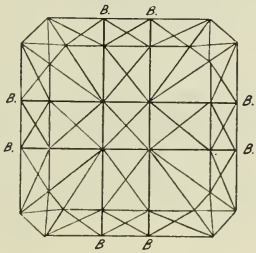


Fig. 1548.



Für Kuppeln über rechteckigem oder quadratischem Grundriss lassen sich Konstruktionen nach der Schwedler'schen Ausführungsweise nicht mehr recht verwenden. Hier wird die Anordnnng, wie wir sie bei den Zeltdächern schon kennen gelernt haben, vortheilhafter, d. h. also, es werden in die Diagonalen des Raumes zwei sich durchdringende Binder gelegt, gegen welche dann die in der Kuppelfläche liegenden Sparren angeschiftet werden. Die Binder können übrigens auch parallel zu den Seiten des Grundrisses in deren Mitte gelegt werden. Derartige Anordnungen bedingen aber, dass ihre Unterfläche durch eine innere Kuppel oder ein Oberlicht den Blicken entzogen wird.

In dieser Weise sind fast alle grosse Kuppeln ausgebildet, die in den letzten zwei Jahrzehnten über öffentlichen Gebäuden, namentlich Parlamentsgebäuden und Justizpalästen ausgeführt sind.

Ein Beispiel der ersteren Art ist die Kuppel über dem Justizpalast in München*). (Arch. Prof. Fr. v. Thiersch in München, Ing. Brth. Rieppel, Dr. Ing., Nürnberger Maschinen-Fabrik.) Sie erhebt sich über einem rechteckigen Grundriss von 29,5 zu 25,0 m Lichtmaass mit abgestumpften Ecken. Die Binder sind Raumfachwerke, deren lothrechter Axschnitt als ein Dreigelenk-Fachwerkbogen mit durch Zugband aufgehobenem Horizontalschub erscheint. Jede Bogenhälfte ist dabei sichelförmig ausgebildet. Die Binder stemmen sich in der Mitte gegen einen Gusseisenklotz und tragen an den Aufhängepunkten der Zugstangen auch das innere flachkuppelförmige Oberlicht. System in der Grundrissanordnung siehe Fig. 1547.

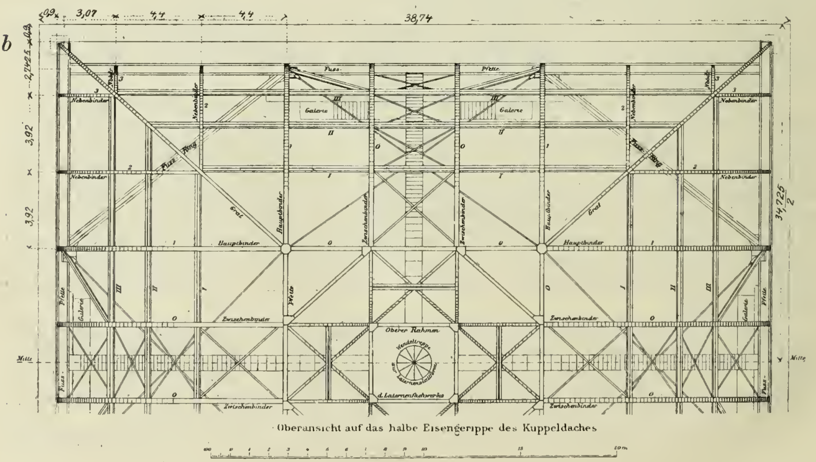
Eine Kuppel der zweiten Art ist diejenige über dem Reichsgerichtsgebäude in Leipzig. (Arch. Brth. Ludw. Hofmann, Ing. Brth. R. Cramer in Berlin.) Die Kuppel wird von vier sich rechtwinklig kreuzenden ebenen Fachwerkbindern von 21,8 m Stützweite getragen. Die Binder liegen paarweise in

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1897, S. 267, 284, desgl. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1897, S. 350, 357.

Fig. 1549. Kuppel des Reichstags-Gebäudes in Berlin. (Ing.: Geh. Baurath Dr. Zimmermann.)



Schnitt durch die Mittelachse von Norden nach Süden

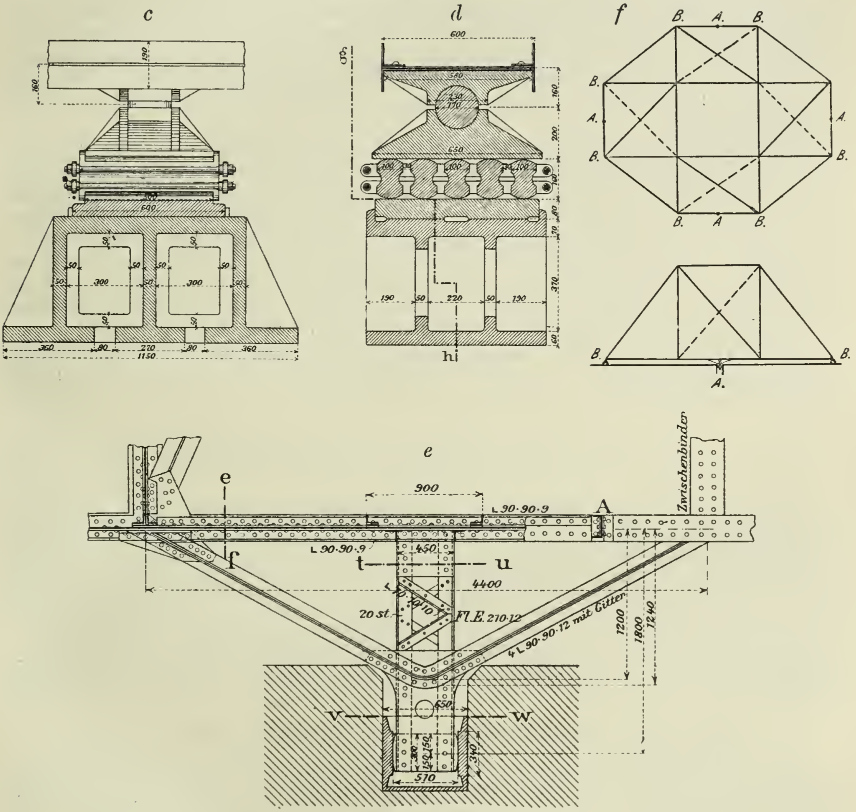


Oberansicht auf das halbe Eisengerippe des Kuppeldaches

den Queraxen des Grundrisses in 4,8 m Abstand von einander. Von ihrem Kreuzungspunkte zweigen nach den abgestumpften Ecken des Grundrisses je zwei Gratsparren ab. Das Ganze ist durch einen Fussring und einen Zwischenring verbunden, vergl. das System im Grundriss Fig. 1548.

Eine besondere Stellung nimmt schliesslich die Kuppel des **Reichstagsgebäudes in Berlin** ein. (Arch. Geh. Brth. Prof. Dr. Wallot in Dresden, Ing. Geh. Brth. Dr. Zimmermann, Dr. Ing. in Berlin.) Wir geben die allgemeine Anordnung in Fig. 1549a—e*) in Querschnitt, Grundriss und Einzelheiten der Stützung, sowie in Fig. f im System der Kuppelanordnung wieder. Die

Zu Fig. 1549. Reichstags-Kuppel.



Kuppel ist über einem rechteckigen Raum von 38,74 zu 34,73 m Länge der Seiten (an der Aussenfläche der Mauern gemessen) oder 36,94 zu 32,93 m zwischen den Mittellinien des Fussringes gemessen, Fig. b. Bei der Konstruktion, war die besondere Schwierigkeit, die Kuppel so zu konstruiren, dass auf alle Fälle auf die ohnehin schwachen Mauern nur lothrechte Kräfte, oder solche in der Längsrichtung der Mauern wirkend, übertragen werden. Fig. f zeigt das Schema des Hauptsystems der Kuppel in Grund- und Aufriss, ein einfaches, statisch bestimmtes Fachwerk mit achtseitigem Fuss- und rechteckigem Kopfring, das sowohl in den rechteckigen Feldern der Dachfläche, wie in dem lothrechten Mittelfelde der vier lothrechten Ebenen B B durch Diagonalen ausgesteift ist,

*) Aus Zeitschr. f. Bauwesen. Jahrg. 1897.

die aus Flacheisen gebildet, daher also doppelt sein müssen. Die acht Eckpunkte dieses Systems sind in den Umfassungsmauern durch Lager unterstützt, deren Ausbildung die Fig. c und d zeigen. Es sind Stelzenlager mit Kippbolzen. Die Stelzen stehen parallel zu den betreffenden Mauern. Ausserdem ist der Fussring noch in den Mitten der rechtwinkligen Seiten bei den Punkten A nach Fig. e durch einen angenieteten Arm im Mauerwerk derart gestützt, dass keine Drehungen der ganzen Kuppel eintreten können und darauf hinwirkende Kräfte unschädlich, parallel zu den Umfassungsmauern in diese übertragen werden. Auf dieses System schieben sich, um die vollen vier Walmflächen herzustellen, an den Ecken des oberen Druckringes angreifend, noch Gratsparren auf, an die weitere Sparren parallel zu den Hauptbindern angeschiftet sind, vgl. den Grundriss b. Auf dem oberen Druckring erhebt sich dann schliesslich ein die Laterne tragender Aufsatz, der ein Fachwerk von genau der gleichen Anordnung wie das Kuppelhauptsystem bildet. Die 8 auf dem Druckring liegenden Stützpunkte dieses Systems bedürfen dann aber noch einer besonderen Unterstützung, die durch die 8, je paarweise durch Diagonalverband versteiften Zwischenbinder der Hauptkuppel gebildet werden.*)

Eine besondere Anordnung zeigt auch die Kuppel des neuen Domes in Berlin (Arch. Geh. Reg.-Rath. Prof. Raschdorff, Ing. Geh. Reg.-Rath. Prof. Müller-Breslau, Dr. Ing. in Berlin). Aeusserlich erscheint sie als Rundkuppel von 35,65 m Durchmesser, 23 m Höhe zwischen Fuss- und Schlussring mit hohem Laternenaufsatz. Thatsächlich ist die Kuppel eine Doppelkuppel, deren innerer, die Laterne tragender Mantel als Schwedlerkuppel über rechteckigem Grundriss konstruirt ist. Der Mantel der äusseren Kuppel wird von gebogenen Sparren mit wagrechten Rippen gebildet. Zwischen den in gleicher Höhe liegenden Rippen beider Kuppeln ist eine Versteifung durch Gitterwerk bewirkt.**)

Die grösste aller bisher ausgeführten Kuppeln war diejenige des Haupt-Ausstellungsgebäudes der Lyoner Ausstellung 1894***), die sich mit 110 m Durchmesser unmittelbar vom Boden 55 m hoch erhob.

XII. Ueber eiserne Hallendächer im Besonderen.

Litteratur:

Die Hallensysteme der Konkurrenz für den Zentralbahnhof in Frankfurt a. M.; Zeitschr. d. Vereins deutscher Ing., 1884. — Die Bauwerke der Berliner Stadteisenbahn; Zeitschr. für Bauwesen, 1884/85. (Auch als Sonderabdruck 1886 erschienen). — Die Bauten der Weltausstellung in Paris 1889; sowohl in Nouv. annales de la constr. wie in Génie civil, 1888/89/90; desgl. der Weltausstellung 1900, ebendaselbst 1899/1900/01. — Die Bauten der Weltausstellung in Chicago 1893; vgl. Engineering News 1882/93; Centralbl. der Bauverwalt. 1893; Dtsche. Bztg. 1893. — Die Bauten der Berliner Gewerbeausstellung 1896; s. Centralbl. d. Bauverwalt. 1896 und Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1896. — L. Mertens, Eiserne Hallen und Dächer in England, 1899. — M. Förster. Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten, 1902. — Die Bauten der Düsseldorfer Industrie- und Kunstausstellung 1902; Dtsche. Bauztg. 1902; Zeitschr. d. Vereins deutsch. Ing. 1902. (Vergl. im übrigen die an den einzelnen Stellen im Besonderen angezogenen Quellen.)

a. Allgemeine Gesichtspunkte für die Gesammtanordnung.

Die Hallendächer werden zwar unter Benutzung derselben Konstruktionsformen ausgebildet, die in dem vorhergehenden Kapitel im Einzelnen besprochen sind, sie stellen aber doch nach verschiedenen Richtungen hin besondere Anforderungen, sodass es angezeigt erscheint, ihnen eine zusammenfassende, von den übrigen Dächern getrennte, Besprechung zu widmen.

Mit der grossen Spannweite, welche Hallendächer oft erreichen, geht meist grosse Höhe Hand in Hand: wenn dies der Fall ist, kommt bei der Standfähigkeit insbesondere der Winddruck inbetracht, welchem gegenüber die Eigenlast

---

*) Ueber die Berechnung derartiger Systeme vergl. Dtsche. Bauztg., Jahrg. 1902, S. 325 und die Zimmermann'sche Broschüre: Ueber Raumfachwerke. Neue Formen und Berechnungsweisen für Kuppeln und sonstige Dachbauten. Verlag von Ernst & Sohn, Berlin 1901.

**) Näheres über die Berechnungsart vergl. Zeitschr. d. Vereins Dtsch. Ing. 1898, S. 1205. Müller-Breslau. Beitrag zur Theorie der Kuppel und Thurmdächer. Ferner derselbe Verfasser Centralbl. d. Bauverwltg. 1902, No. 70, 82 u. ff.

***) Vergl. Centralblatt der Bauverwaltg. 1893.

zurück tritt. Die Wirkung des Winddrucks ist sowohl für die Aussenseite als — bei offenen oder halb offenen Hallen — für die Innenseite derselben statisch zu untersuchen. (Vergl. d. Angaben auf S. 32.)

Da die Gewichte des Hallenüberbaues sich erheblich stärker als im linearen Verhältniss der Spannweite vergrössern, wird die Zerlegung einer grossen Weite in mehrere kleinere meist günstig sein. Doch kommen andere Rücksichten inbetracht, welche gewöhnlich den Ausschlag zugunsten der Eintheiligkeit geben. Hierher rechnen die durch Stellung von Stützen herbeigeführte Raumbeengung und Unübersichtlichkeit und ausreichende Standfähigkeit der Stützen, welche bei grösserer Stützenhöhe einen bedeutenden Materialaufwand erheischen kann. Es fallen weiter ins Gewicht: ein etwaiges Erforderniss an grosser, freier Höhe, die Vermeidung langer Dachkehlen und Schneefänge, endlich die zum Theil von der Oertlichkeit abhängende Art der Aufrichtung der Konstruktion. Neuerdings werden meist stützenfreie Spannungen den engeren mit Zwischenstützen vorgezogen (in England trifft das jedoch nicht zu) und es ist ferner fast Regel geworden, die Eisenüberdeckung eintheilig bis zur Erde herab zu führen, im Gegensatz zu den früheren Bauweisen, bei denen dieselbe auf Mauern oder Stützen aus Gusseisen in mehr oder weniger grosser Höhe aufgelagert wurde. Entsprechend wird den Bogen-Konstruktionen vor solchen in Sattel- oder Sichelform der Vorzug gegeben, wobei übrigens ästhetische Gesichtspunkte mindestens ebenso sehr wie konstruktive ausschlaggebend sind.

Handelt es sich um Bahnhofshallen, so wird man Zwischenstützen nicht gern auf den Bahnsteig stellen. Für die deutschen Eisenbahnen sind als Gleis-Entfernung auf Bahnhöfen (von Mitte zu Mitte) 4,5 m vorgeschrieben; wenn die Stützenbreite gering ist, so erfordert die Aufstellung derselben zwischen den Gleisen nur eine Vergrösserung der Gleis-Entfernung auf 4,75 bis 5 m. Bei Aufstellung von Stützen auf Bahnsteigen muss bis auf 2,5 m Höhe über Bahnsteig-Gleiche, der lichte Abstand einer Stütze von der Mitte des benachbarten Gleises mindestens 3 m betragen.*)

Von wesentlicher Bedeutung sind bei grossen Hallenkonstruktionen, welche nicht allseitig offen sind, Lüftung und Beleuchtung, bei Bahnhofshallen namentlich wirksame Einrichtungen für den Rauchabzug, da hiervon die Dauer der Eisenkonstruktion und insbesondere der Dachdeckung in erheblichem Maasse abhängt, die von den sich entwickelnden schwefligen Gasen angegriffen werden.**) (In England werden deshalb über der Gleismitte vielfach dicht über dem oberen Rande der Lokomotivschornsteine besondere Schutzdächer starker Krümmung aufgehängt, die den Rauch auffangen und durch Lüftungsschlote unmittelbar ins Freie führen.)

Für Lüftung wird durch Dachreiter gesorgt, welche, wenn sie niedrig gehalten, und mit breiten Dachüberständen versehen sind, an den Seiten offen gelassen werden können, besser aber selbst bei geringer Höhe mit festen Jalousie-Blechen- oder -Hölzern geschlossen werden. Verbessernd, und besonders bei nicht hohen Hallen fast nothwendig ist es, wenn Seitenlicht vorhanden ist, in den Fenstern eine Anzahl grosser Scheiben oder Klappflügel zum Oeffnen einzurichten. Bei Hallen von grösserer Länge wird man auch in den Stirnabschlüssen für Lüftung sorgen, wozu wieder stellbare Fenstertheile usw. geeignet sind. Das Bedürfniss nach Luftwechsel in den Hallen wird durch Metall- sowohl als Glasdeckung erheblich erhöht, ist bei Glasdeckung jedoch in noch grösserem Masse als bei Metalldeckung vorhanden, da die spezifische Wärme von Glas etwa doppelt so gross als die von Zink und Kupfer und mehr als $1^1/_2$ mal so gross als die von Schmiedeisen ist (Glas 0,095, Schmiedeisen 0,114). Es wird daher zur Sommerzeit der Aufenthalt unter glasgedeckten Hallen rasch unerträglich

*) Vergl. Normen für den Bau und die Ausrüstung der Haupteisenbahnen Deutschlands (Auszug im Deutschen Baukalender Th. I).

**) Vergl. Centralbl. d. Bauverwaltg. 1897, S. 200. Die Wellblechdächer der Berliner Stadtbahn von Housselle. Hier ist praktisch nachgewiesen, welch bedeutenden Einfluss eine ausreichende Lüftung für die Erhaltung der verzinkten Wellblechdächer hat, insbesondere bei Kokes feuernden Maschinen. Wo die Lüftung nicht sehr reichlich war, haben sich ausserordentlich rasche Zerstörungen gezeigt (natürlich bei den niedrigen Hallen ganz besonders).

und um so eher, je weniger hoch die Halle ist. Wenn daher auf längeren Aufenthalt in Hallen, welche ganz oder zum grösseren Theil mit Glas gedeckt sind, zu rechnen ist, müssen dieselben möglichst grosse Höhe und auch dann noch wirksame Einrichtungen zur Lüftung erhalten.

Handelt es sich um Werkstatthallen, so werden häufig im Dachfirst bewegliche Lüftungsklappen eingelegt, die entweder als Seitenklappen in den Laternenaufsätzen angebracht werden, oder die Bedachung der letzteren bilden und dann imganzen durch Kniehebel angehoben, oder auch seitlich gekippt werden, sodass in beiden Fällen eine grössere Oeffnung rasch freigegeben werden kann. (Vergl. auch Kapitel XV.)

Grössere Schwierigkeiten als die Lüftung bietet die Beleuchtung grosser Hallen; verhältnissmässig leicht ist die Aufgabe zu lösen, wenn man Seitenlicht anwenden kann, da bei diesem die Sicherung gegen Durchregnen in Wegfall kommt. Kaum ganz vollkommen ist die Lösung der Aufgabe in dem Falle, dass Oberlicht auf einem Bogendache von Kreisform einzurichten ist. Selbst wenn im Scheitel eine grössere Zone ausgeschlossen wird, werden breite Streifen zu beiden Seiten noch nicht diejenige Neigung haben, welche gegen das Durchtreiben von Regen oder Schnee, sowie gegen das Abtropfen von Schwitzwasser sicheren Schutz gewährt. Es kann sich daher empfehlen, den in solchen Fällen in grosser Breite herzustellenden Dachreiter mit Glas einzudecken, die zu den Seiten desselben liegenden Streifen mit Blech und zwei weitere Lichtstreifen erst wieder nahe dem Fuss des Daches anzulegen, wo die Dachneigung ausreichend gross ist. Eine solche Vertheilung des Lichtes steht bei Bahnhofshallen dann auch in gutem Einklang mit der Gleis- usw. Anlage, wenn ein Mittel- und zwei Seiten-Bahnsteige vorhanden sind, während die Fortlassung eines Oberlichtes im Dachscheitel und Anordnung von zwei Oberlichten zu den Seiten des Hallendaches mit einem Gleis-Schema in Einklang steht, bei welchem der Mittel-Bahnsteig fehlt. Immerhin wirkt letztere Ausführungsweise ästhetisch sehr unbefriedigend; das Dach lastet gewissermaassen schwer auf dem Raume und die Lichtvertheilung ist sehr ungleichmässig.

Wo einiges, aber nicht zureichendes Licht seitlich gewonnen werden kann, wendet man neben demselben statt der durchgehenden Streifen Einzel-Oberlichte an; man kann dieselben leicht aus der Dachfläche herausheben und so eine Verbesserung ihrer Neigungs-Verhältnisse schaffen. Aesthetisch wirkt diese Anordnung auch günstiger als ein schmaler durchgehender Lichtstreifen.

Die Beleuchtungs-Schwierigkeiten entfallen vollständig bei Satteldächern, wenn diese nur die entsprechende Neigung erhalten; letztere sollte nicht unter 1 : 3,5, zweckmässig aber etwa 1 : 2,5 gewählt werden. Bei Bogendächern geht man leicht dazu über, besondere, quer zur Axe der Halle gerichtete schmale Glasdächer in der Form von Satteldächern anzuordnen; sie heissen Sägedächer und werden gewöhnlich im Scheitel des Hallendaches errichtet. Die Konstruktion ist zwar kostspielig, indessen technisch in sehr vollkommener Weise lösbar. Bei Anordnung der Sägedächer auf dem Dachscheitel ist die Anlage eines durchgehenden Dachreiters unmöglich; man kann, wenn diese nothwendig, entweder mit kurzen Dachreiter- und Sägedach-Längen abwechseln, oder, was besser ist, die Sägedächer aufstelzen und so geschützt liegende senkrechte Flächen schaffen, die durch feste Jalousien zu schliessen sind. (Vergl. auch das Kapitel XV über Oberlichtkonstruktion.)

Hinsichtlich der Lichtmenge in einer Bahnhofshalle kann angenommen werden, dass dieselbe ausreichend ist, wenn beim Fehlen von Seitenlicht $^1/_3$ der Grundfläche der Halle als Glasdach ausgeführt wird; besser ist etwas mehr, bis etwa $^1/_2$. Bei Hinzutritt von Seitenlicht kann Verminderung eintreten; man wird etwa annehmen, dass 1 ^{qm} Oberlichtfläche durch 1,5—2 ^{qm} Seitenlichtfläche ersetzbar ist.

Bei Ausstellungshallen ist der Lichtbedarf natürlich erheblich grösser. Beispielsweise sei angeführt, dass bei der allerdings vorzüglich beleuchteten Maschinenhalle auf der Industrie-Ausstellung in Düsseldorf 1902 eine Lichtfläche von nicht weniger als 65 $^0/_0$ der bebauten Grundfläche der Halle vorhanden war.

Wenn man gezwungen ist, mehrere Oberlicht-Streifen anzulegen, so verdient eine Anordnung, welche in England mehrfach angewendet worden, Beachtung: Zerlegung der ganzen Dachbreite in sieben nahezu gleich breite Streifen, von denen 3, darunter der Firststreifen, mit Glas gedeckt sind, sodass ein regelmässiger Wechsel zwischen Licht- und Dunkelflächen entsteht und die Dunkelflächen auch der Wand zunächst liegen.

Eine besonders gute Beleuchtung wird häufig für die Kopf-Bahnsteige gewünscht. Man kann das Hallendach am Kopf-Bahnsteig enden lassen und über diesem ein besonderes, niedriger liegendes Dach herstellen, event. unter Zuhilfenahme von Stützen. Die Form dieses Daches wird alsdann mit besonderer Rücksicht auf gute Beleuchtung gewählt und so mit verhältnissmässig einfachen Mitteln ein günstiger Erfolg erzielt. Ein derartiger Ausweg kann sich auch aus besonderen Gründen empfehlen, z. B. wenn schiefer Zusammenschluss der Halle mit dem Kopfbau stattfindet, welcher mit einfachen Mitteln möglichst günstig gestaltet werden soll.

Ob man bei Hallendächern das Material zusammenfassen, d h. wenige und schwere Binder, im Gegensatz zu zahlreichen leichten anordnen soll, ist eine Frage theils konstruktiver, theils ästhetischer Natur. In letzterer Hinsicht ist zu beachten, dass die Auflösung einer Eisenkonstruktion über einem grossen Raum in zahlreiche kleine Glieder in einen gewissen Gegensatz zu der Raumgrösse tritt, um so mehr, je kle ner die einzelnen Theile werden. Deshalb ist man meist zur Zusammenfassung der Eisenmassen geneigt, findet hierbei aber oft eine Grenze an der Beschaffenheit der Widerlager. Wo diese hoch sind und in ganzer Länge durchgehen, wird oft eine Auflösung zweckmässig sein, bei niedrigen und nur an einzelnen Stellen ausreichenden Widerlagern dagegen eine Zusammenfassung der Eisenmassen. Ungünstig wird die Erscheinung einer grossen Halle durch leichtes spinngewebeartiges Beiwerk, wie Windverstrebungen und Anker, welche in den freien Raum hinein reichen, oder ganz in demselben liegen, beeinflusst. Um dem zu begegnen werden schwache Rundeisenstäbe durch breitere aus Flacheisen und überhaupt Konstruktionstheile, die ihrer Form nach nur Zug aufzunehmen haben, durch solche ersetzt, die im Stande sind, auch Druck aufzunehmen. Am durchgreifendsten befreit man sich von dem Stabwerk kleinster Querschnitte bei Bogenkonstruktionen, deren Füsse bis auf Bahnsteighöhe herab geführt werden und welche gegen seitlich wirkende Kräfte unten am Fusse entsprechend ausgebildet sind. Auch durch Anwendung sog. gekuppelter Binder und hochstegige, bezw. Holzpfetten dazwischen, lässt sich der ungünstige Eindruck fein getheilter Eisenmassen vermeiden. Bei den neueren weitgespannten Hallen letzterer Art sind ausschliesslich gekuppelte Binder in grosser Axentfernung zur Anwendung gekommen. — Eine gewisse Verbesserung in der Wirkung eines Hallendaches hat man öfter mit malerischen Zuthaten erstrebt. Man begleitet die Binder mit dunkler gehaltenen Bändern und Friesen. Auch hat man die Dachuntersichten wohl hell, die Eisentheile dunkel gestrichen. Doch sind das nur Mittel von einer gewissen kleinlichen, den ästhetischen Anforderungen wenig entgegenkommenden Art; sie können sogar ungünstig wirken.

Nachstehend sind eine Anzahl Hallenbinder von grösseren Spannweiten, nebst kurzen Angaben über die Konstruktions-Besonderheiten mitgetheilt. Die nach Dreiecksystemen ausgeführten gehören der früheren Zeit an.

b. Balkenbinder auf zwei Stützen.

α. Dreiecks-Systeme.

Hier kommt hauptsächlich das mehrfache Polonceausystem mit in Gitterwerk ausgebildeten steifen Sparren inbetracht. Selbstverständlich müssen diese Systeme ebenso wie die unter c ein bewegliches Rollenauflager erhalten.

Halle des Bahnhofs der Orléans-Bahn in Paris. Fig. 1550. Dieselbe hat die Länge von 280 m und die lichte Weite von 52,5 m. Die Binder, deren Höhe im Scheitel 21,75 m beträgt, liegen in 10 m Abstand und sind als kräftige Gittersparren mit dreimaliger Abstützung gebildet. Das Gewicht an Schmiede- und Gusseisen beträgt auf 1 qm überdachte Grundfläche etwa 82 kg.

Hallendach des Südbahnhofes in Wien, 1872 erbaut, Fig. 1551. Die Abmessungen sind: Länge 139,8 m, lichte Weite 35,7 m, Binder-Abstand 6,95 m. Der First der Halle ist mit einer 4,5 m breiten Laterne versehen. Eindeckung zu $^3/_8$ mit Glas und $^5/_8$ mit verzinktem Eisen-Wellblech. Das Eisengewicht des Daches für 1 qm Grundfläche 60 kg.

Fig. 1550.

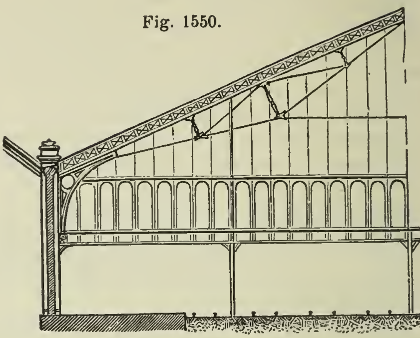
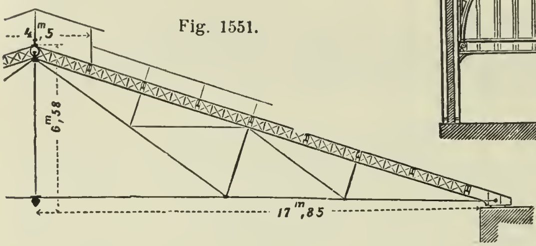


Fig. 1551.



β. Sichelförmige Binder.

Sichelträger, Fig. 1552 und 1553, sind nach der Parabel (oder auch nach dem Kreisbogen) gekrümmte Balken, mit Druck- und Zug-Gurtung. Während aber die Eigenschaft der Parabel-Träger: dass bei wagrechter Lage der Zug-Gurtung deren Beanspruchung bei voller und gleichmässiger Belastung konstant ist, für Brücken-Konstruktionen Werth besitzt, wird die Anordnung einer geraden Unter-Gurtung hier verlassen, da sie zu schwer wirken und auch eine zu grosse Länge der Zwischenglieder erforderlich machen würde. Krümmt man aber die untere (Zug-)Gurtung nach einer Parabel so gilt für die neue Trägerform das Gesetz der Parabelträger wenigstens insofern, als die Diagonalen bei gleichmässiger Belastung des Trägers spannungslos sind; diese Trägerform heisst „Sichelträger".

Fig. 1552 zeigt die Anordnung der Halle auf dem älteren Theile des Bahnhofes Berlin der Niederschl.-Märk. Eisenbahn. Bei diesen Trägern liegen die Knotenpunkte der oberen Gurtung in einer Parabel vom Pfeil-Verhältniss 1 : 15; die senkrechten Abstände beider Gurtungen entsprechen daher den Ordinaten einer Parabel vom Pfeil-Verhältniss $= ^1/_5 — ^1/_{15} = ^2/_{15}$ Die Binder, welche in Abständen von 3,766 m angeordnet sind, haben 38,3 m Spannweite und sind durch Senkrechte in 7 Felder mit schlaffen, also gekreuzten Diagonalen getheilt. Die Hauptbinder sind paarweise durch diagonale Zugstangen mit einander gekuppelt. Die Pfetten sind theils als L Eisen, theils als Gitterträger gebildet. Die Halle ist innerhalb der Endfelder der Binderbreiten mit gewelltem Zinkblech und in den 5 Mittelfeldern mit Rohglas gedeckt. Die Glasdeckung ist in Absätzen ausgeführt, deren Neigung 1 : 3 bis 1 : 4 beträgt. Im First liegt ein Rauch-Abzug und auch die zwischen je 2 Dach-Absätzen senkrechten Flächen dienen mit zur Lüftung, da die unterstützenden Gitter-Pfetten der Luft freien Durchzug gestatten. Die Auflager der Binder liegen in 15,7 m Höhe über Bahnsteig. Die gesammte überdeckte Grundfläche beträgt 7000 qm; das Eisengewicht ist etwa 62 kg auf 1 qm Grundfläche.

Hallen-Ueberdachung des Bahnhofes Berlin der Berlin-Görlitzer Eisenbahn, Fig. 1553. Die Halle überdeckt 5 Gleise, hat eine Spannweite von 38,03 m und die Binder liegen 3,452 m weit. Die Knotenpunkte der Gurtungen sind in Kreislinien gelegt; der Halbmesser der oberen Gurtung beträgt 30 m. Zwischen beiden Gurtungen sind nur Diagonalen angeordnet, welche also auf Zug und Druck beansprucht werden und deshalb aus 2 C Eisen konstruirt sind. Die Pfetten sind von Holz. Die Fig. 1553 b—d stellen die An-

ordnung des festen Auflagers, sowie auch die Verbindung beider Gurtungen über dem Auflager dar. Die Auflager-Verankerung ist 4 m tief in das Mauerwerk hinabgeführt.*)

Die Halle ist mit Zink-Wellblech ohne Schalung gedeckt; in der Mitte befindet sich ein durchlaufendes Oberlicht von 7,5 m Breite, welches, aus der Dachfläche hervortretend, durch seine Seiten-Oeffnungen dem Rauch Abzug gewährt.

Fig. 1552.

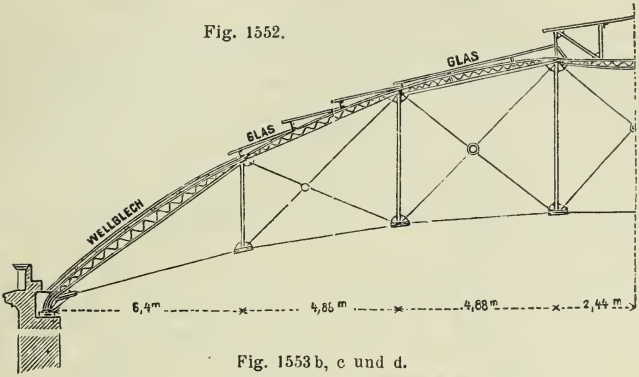


Fig. 1553 b, c und d.

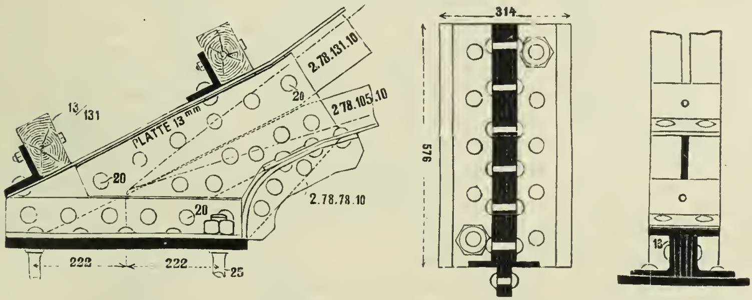
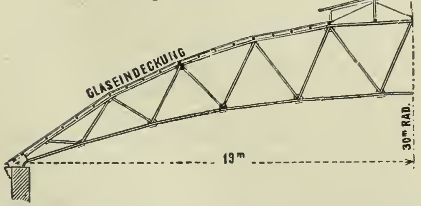


Fig. 1553 a.



Auch nahe den Umfassungsmauern ist ein 1,5 m breiter Lichtstreifen angeordnet und endlich sind seitliche Oberlichte vorhanden.

Das Eisengewicht des Daches einschliesslich Glasbedeckung beträgt rd. 57 kg auf 1 qm Grundfläche.

In England sind Sichelträger von sehr bedeutenden Spannweiten zur Ausführung gebracht. So besitzt das Hallendach des alten Cannon-Street-Bahnhofes in London 58,64 m Stützweite. Der als Blechträger ausgebildete Obergurt ist kontinuirlich nach einem Halbmesser von 32,92 m gekrümmt, der Pfeil des Untergurtes ist sehr gross, nämlich 9,14 m, ebensoviel die Trägerhöhe in der Mitte. Die Vertikalen sind aus zwei zusammengenieteten ⊥ Eisen mit Zwischenplatten, die gekreuzten, schlaffen Diagonalen aus Flacheisen, die Glieder des Untergurtes nur aus Rundstangen von 135 mm Durchm. hergestellt. Die Binder liegen in 10,21 m Entfernung.

Bis 67,06 geht sogar die Stützweite des Sicheldaches des Empress-Theaters in Earlscourt, London, bei nur 6,55 m Pfeil des Untergurtes und etwa ebenso-

*) Vergl. auch den Auflager-Knotenpunkt des Sichelbinders, Fig. 1478 b, S. 624.

viel Trägerhöhe. Die Gurtknoten liegen auf einer Parabel. Die Gurte bestehen aus je zwei ⊐ Eisen (der obere noch mit Deckplatte), die durch geneigte Stäbe aus je zwei ⊥ Eisen verbunden sind. Die Binder liegen in 9,45 m Entfernung und sind durchweg mit Windverband in der Dachfläche verbunden, während dieser bei dem oben genannten Dache ganz fehlt.

c. Kragträger-Binder auf vier Stützen.

Es ist bereits S. 618 hervorgehoben und durch einige kleinere Beispiele erläutert worden, dass die Kragträger-Binder, die als durchlaufende Träger auf vier Stützen mit eingehängtem Mittelstück ausgebildet sind, bezüglich des Materialaufwandes sehr vortheilhaft sind und mit den Bogenkonstruktionen überall da, wo die Anordnung von zwei Stützenreihen im Inneren zulässig ist, sehr wohl den Wettbewerb aufnehmen können. Dass sich durch entsprechende Ausbildung der Binder mit bogenförmigem Untergurt, ferner durch stärkere Heraushebung des eingehängten Mitteltheiles der Halle auch eine ästhetisch befriedigende Gesammtwirkung erreichen lässt, zeigt das Beispiel des Bergbaugebäudes in Chicago, Fig. 1442, S. 600.

Die bedeutendste Ausführung dieser Art, die allerdings als reiner Nutzbau diesen befriedigenden Eindruck nicht mit gleichen Mitteln erstrebte, war die Maschinenhalle der Genfer Ausstellung 1896,*) die, wie schon S. 620 erwähnt wurde, bei der Gastanstalt in Zürich später, allerdings mit etwas verkürzten Kragarmen dauernde Wiederverwendung gefunden hat, vergl. Fig. 1554a—d. Die Halle hatte 149,50 m Länge bei 88 m Breite, also 13156 qm Grundfläche. Durch zwei Stützenreihen wird sie in drei Schiffe getheilt, deren mittleres 38 m Stützweite besitzt, während je 25 m auf die Seitenschiffe entfallen, Fig. a. Die Halle wird von 12 Bindern gebildet, die in den beiden Endfeldern je 9,5, sonst je 14,5 m Abstand besitzen und in den mittleren neun Feldern eine 8 m weite Laterne mittels der je 15 m langen Kragarme stützen, während die beiden Stirnbinder unmittelbar zusammenstossen (wobei jedoch nur eine Verbindung mit Bolzen mit ovalen Löchern in der lothrechten Ebene stattgefunden hat, sodass also in dieser Richtung die freie Bewegung beider Trägerenden gesichert ist). Die Höhe der Halle an den Langwänden beträgt 12,5 m, bis zum Laternenfirst 23,5 m. Die beiderseitigen Dachflächen sind mit 1 : 4 geneigt und theils mit Glas, theils mit Zink auf Schalung gedeckt.

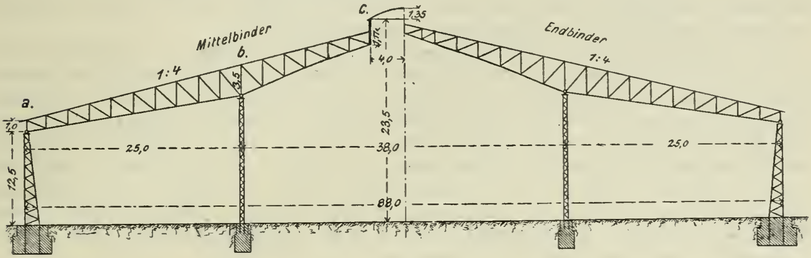
Die Binderbalken sind als Fachwerkbalken von 1,0 m Endhöhe, 3,5 m Höhe über der Mittelstütze und 1,17 m an der Laterne mit geradem Obergurt und auf der Mittelstütze geknicktem Untergurt hergestellt. Ersterer wird von 2 ∟ 80 . 80 . 10 nebst einem Stehblech 280 . 10 (letzteres nur auf die Länge des Kragarmes und noch ein Stück jenseits der Stütze), letzterer aus 2 ∟ 80 . 100 . 10, einem Stehblech 280 . 10 und einer Lamelle 280 . 6 (beide in der Ausdehnung wie vor) zusammengesetzt. Das Gitterwerk ist aus ∟ Eisen hergestellt. Die Binderhälften sind an ihren beiden Enden und über den Mittelstützen durch Gitterträger verbunden (letztere mit gekrümmtem Untergurt), ausserdem noch durch je sechs ebenfalls gitterförmige Pfetten, zwischen denen noch sekundäre Pfetten von I Eisen 120 . 58 liegen. Nur in den beiden äusseren Binderfeldern ist ein Windverband in der Dachfläche aus Flacheisen 70 . 10 bis 170 . 12 hergestellt, der sich auch zwischen den betreffenden Stützen (hier aus ⊏ Eisen 140 . 60 gebildet) bis zur Erde fortsetzt. Des weiteren ist ein Windverband in der ganzen Länge der Laterne angeordnet. Die Pfetten sind auf jedem zweiten Binder mit ovalen Bolzenlöchern angeschlossen, um den Temperaturausgleich zu ermöglichen. Die Stützen sind Fachwerkstützen. Die inneren sind möglichst schlank gehalten, des guten Aussehens und der Raumersparniss wegen, die äusseren entsprechend steif ausgebildet und kräftig verankert zur Aufnahme des Winddruckes. Die Binder sind auf beiden Stützen mit Kipplager aufgelagert, Fig. c und d, von denen das hintere natürlich so gestaltet sein muss, um ein Abheben des Trägerendes zu verhindern. Das aus gebogenem Wellblech

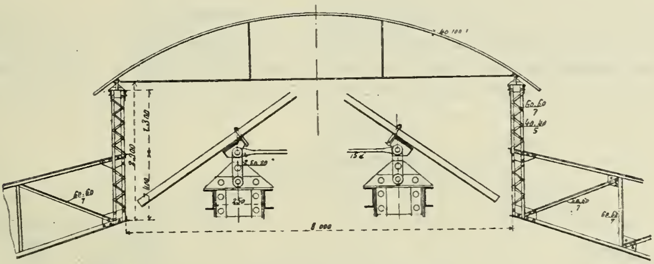
*) Nach Génie civil Bd. XXX, 1896/97, S. 1.

400.100.1 mit Zugstange bestehende Laternendach ist natürlich mit den Binderenden ebenfalls gelenkig verbunden, Fig. b.

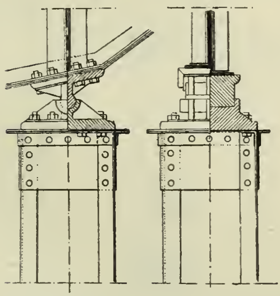
Bei der Berechnung sind 11 kg/qmm Beanspruchung für das Eisen zugelassen. Gesammt-Gewicht 500 t, also nur 38 kg/qcm bedachter Grundfläche oder 2,17 kg/cbm

Fig. 1554 a. Maschinenhalle der Genfer Ausstellung 1896.

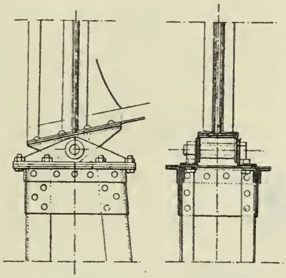




b. Ausbildung der Laterne.



c. Auflager auf der Mittelstütze.



d. Endauflager.

umbauten Raumes, während z. B. die Hallenbauten der Pariser Weltausstellung 1889 sich in den Grenzen 72 bis 148 kg/qm oder 4,16 bis 6,4 kg/cbm bewegten. Ein Einzelbinder wog 11,4 t, ein innerer Pfeiler 1,37 t, ein äusserer 1,685 t, 1 laufendes m der Laterne 98 kg.

d. Die Bogenbinder.

Die zur Hallenüberdachung verwendeten Bogen werden als Flach-, Rund- oder Spitzbogen gebildet. Die ersteren, meist nach der einfachen Kreislinie geformt, haben Pfeilhöhen von $^1/_5$—$^1/_6$ der Spannweite. Da sie, um die entsprechende Höhe der Halle zu gewinnen, auf hohen Stützen oder Mauern gelagert werden müssen, so würden sie auf diese Schubkräfte ausüben müssen, die von ihnen nicht aufgenommen werden können. Sie müssen daher ein Zugband zwischen

den Kämpfern zur Aufnahme des Horizontalschubes erhalten. Sie wirken dann wie einfache Balkenträger auf zwei Stützen, d. h. sie üben nur noch lothrechten Druck auf ihre Widerlager aus, müssen dann aber auch wie die Balkenbinder ein verschiebliches Auflager erhalten. Die inneren Spannungen werden natürlich wie beim Bogen berechnet. Ungünstig ist bei diesen Anordnungen, dass hohe, freistehende Stützen oder Mauern, um den nöthigen Widerstand gegen Winddruck zu besitzen, sehr stark ausgeführt werden müssen. Namentlich wird die das feste Auflager tragende Mauer durch den Winddruck beansprucht.

Die Rundbogen oder Spitzbogen, deren Pfeilhöhe gleich $^1/_2$ der Spannweite oder auch noch grösser gemacht wird, geben an sich die genügende Höhe, sodass ihre Auflager unmittelbar in Höhe des Hallenfussbodens aufgesetzt werden können und dann ihren Seitenschub (der ohnehin wesentlich geringer ist als bei dem Flachbogen) unmittelbar in die Fundamente übertragen. Falls Seitenwände der Hallen vorhanden sind, werden diese also durch den Bogenschub garnicht betroffen, dienen vielmehr nur als eine äussere Hülle, die gegen den Winddruck sogar noch gegen den Bogen abgesteift werden kann. Diesen letzteren Ausführungen ist daher in neuerer Zeit der Vorzug gegeben worden. Für grosse Spannweiten ist diese Form die ausschliessliche geworden.

α. Bogenbinder mit Zugband.

Die Bogenbinder mit Zugband können als steife Bogen ohne Gelenke, mit Kämpfergelenken und mit drei Gelenken ausgebildet werden. Die erstere Form ist unbequem in der Berechnung und wird nur bei mittleren Spannweiten bis 40 m

Fig. 1555.

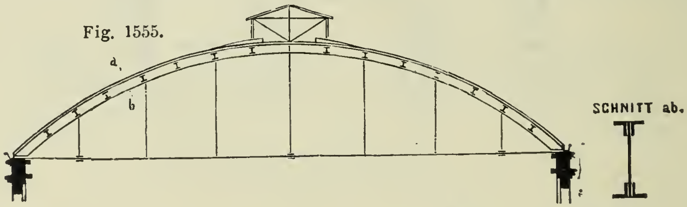
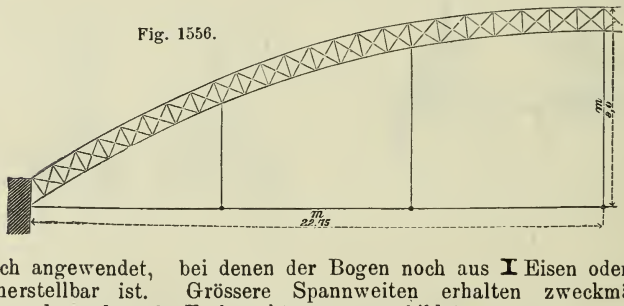


Fig. 1556.



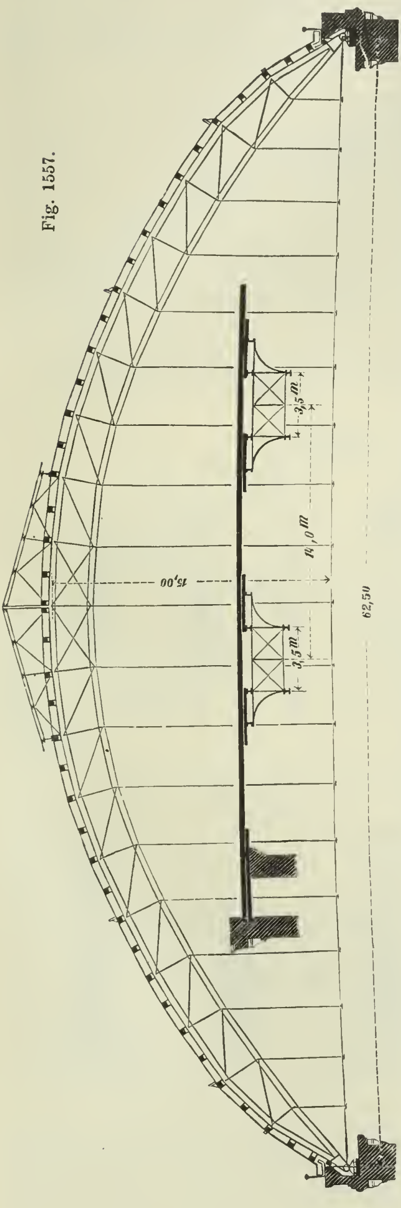
etwa noch angewendet, bei denen der Bogen noch aus I Eisen oder als Blechträger herstellbar ist. Grössere Spannweiten erhalten zweckmässigerweise Gelenke und werden als Fachwerkträger ausgebildet.

Ein Beispiel ersterer Art ist die 1872 vollendete, 36,6 m weit gespannte Halle des Potsdamer Bahnhofes in Berlin, Fig. 1555 a und b, welche 5 Gleise, 2 seitliche und 1 Mittelbahnsteig überdeckt. Die 172 m lange Halle wird von 24 Bindern gebildet, Flachbogen von $^1/_5$ Pfeil, die in 11,5 m Höhe über den Bahnsteigen auf den Seitenmauern lagern. Sie bestehen aus einem Blechträger, dessen Schub durch eine Rundstange aufgenommen wird, die an leichten Rundeisen am Bogen aufgehängt ist. Die in 7 m Abstand liegenden Binder sind durch Gitterpfetten verbunden. Das Dach ist mit Glas gedeckt. Gesammt-Gewicht 470 t oder 78 kg/qm., d. h. ein für die geringe Stützweite auffallend hohes Gewicht.*) Trotzdem ist die Gesammterscheinung eine günstige.

*) Gewichtsangaben nach Berlin und seine Bauten, 1896, Th. I, S. 258.

Im Gegensatz hierzu soll sich das Gewicht der in Fig. 1556 dargestellten, 1865 erbauten Halle der Baltimore-Eisenbahn in Philadelphia nur auf $28{,}5^{\text{kg/qm}}$ Grundfläche stellen. Die als Fachwerkbogen ausgebildeten, in $3{,}66^{\text{m}}$ Abstand liegenden Binder haben $45{,}5^{\text{m}}$ Spannweite und 8^{m} Pfeil.

Fig. 1557.



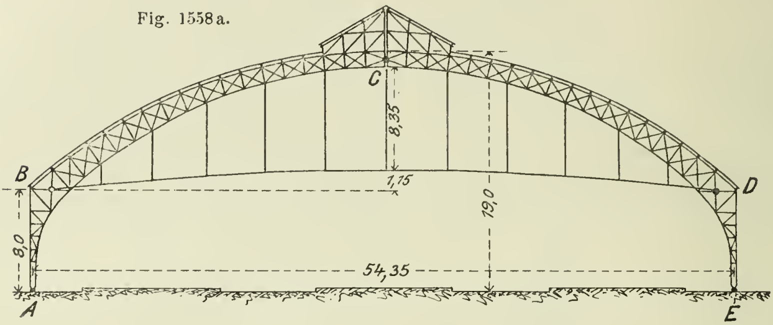
Als ein schönes Beispiel eines Dreigelenkbogens mit Zugband sei die 1879 vollendete Halle des Anhalter Bahnhofes zu Berlin in Fig. 1557 wiedergegeben. Das Dach dieser Halle wird von 11, in 14^{m} Axweite liegenden Bindern gebildet, welche aus 2 je $3{,}5^{\text{m}}$ von einander entfernten Bogen-Fachwerkträgern bestehen, deren Horizontalschub durch Stahl-Zugstangen von 70^{mm} Durchmesser aufgenommen wird. Jeder Träger besteht aus 2, fast auf der ganzen Länge parallel verlaufenden, parabolisch geformten Gurtungen mit 2^{m} Abstand der Mittellinien. Die Auflager, sowie der Scheitel der oberen Gurtung sind mit Gelenken versehen. Die Gurtenden sind zu diesem Zwecke am Kämpfer in einem gusseisernen Schuh zusammengezogen (durch welchen auch die Zugstange hindurch geht), der mit seinem abgerundeten Ende in einer gusseisernen Lagerschale liegt. Unter dieser ist am verschieblichen Auflager natürlich noch ein Rollenlager angeordnet. Im Scheitel sind auf die beiden Gurtenden gusseiserne Verstärkungsplatten aufgeschraubt, die sich gegen einen Drehbolzen von 60^{mm} Durchm. stemmen. Die zu einem System gehörigen Träger haben in je $3{,}5^{\text{m}}$ Entfernung Quer-Verbindungen erhalten, die sich in $1{,}75^{\text{m}}$ weit ausladenden Konsolen fortsetzen; auf letzteren liegen Sattelhölzer, welche die Konsolenden um 1^{m} überragen, so dass die Entfernung, auf welche die hölzernen Pfetten sich frei tragen, auf 5^{m} eingeschränkt ist. Ein besonderer eiserner Längsverband ist nicht vorhanden. Die Halle empfängt das Licht fast ausschliesslich durch grosse Licht-Oeffnungen in den Seitenwänden, während die geschlossene und mit verzinktem Wellblech eingedeckte Dachfläche, nur durch ein einzelnes Oberlicht in jedem System unterbrochen wird. Diese Oberlichte, je 14^{m} lang und 7^{m} breit, liegen in einer Laterne, welche dem Scheitel aufgesetzt ist.

Die Abmessungen der Halle betragen: Länge $167{,}8^{\text{m}}$, Breite $60{,}72^{\text{m}}$, die Höhen bis zum Auflager der Dachbinder $19{,}20^{\text{m}}$ und bis zum First $34{,}25^{\text{m}}$. Es ist bei dieser Halle der architektonischen Ausbildung des Raumes ein erhebliches

Geldopfer gebracht worden, da die Standfähigkeit der zum grössten Theile frei stehenden hohen Umfassungsmauern die Anwendung sehr bedeutender Stärken derselben erheischte.

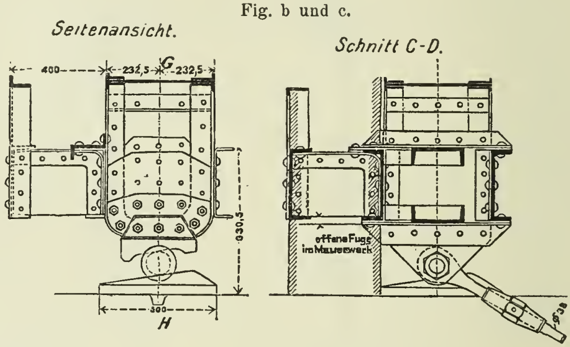
Die Binder selbst sind bei einem Gewicht von 43700 kg auf 1 Doppelbinder oder von 51 kg auf 1 qm überdachter Grundfläche zwar verhältnissmässig nicht schwer konstruirt; die Gesammt-Kosten der Eisen-Konstruktion treten aber auch

Fig. 1558a.



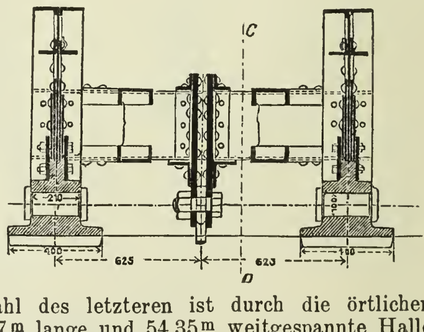
erheblich zurück gegen die der Umfassungsmauern. Beide müssen aber zusammen inbetracht gezogen werden, wenn es sich um einen Kostenvergleich bei Hallenbauten handelt.

Fig. b und c.



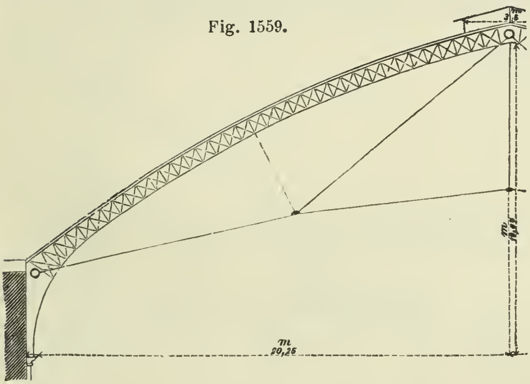
Auch der Flachbogen mit Zugband lässt sich in der Weise ausbilden, dass seine Schenkel unmittelbar bis zu den Fundamenten herabgeführt werden. Das Zugband muss dann entweder am eigentlichen Bogen über den senkrechten Schenkeln in ausreichender Höhe angreifen oder unter dem Fussboden zwischen den Kämpfergelenken liegen (wie bei der 77,0 m weit gespannten Bahnhofshalle der Pennsylvania-Eisenbahn zu Jersey City). Ein Beispiel dieser Art ist die Halle des bei dem Bau der Berliner Stadteisenbahn nothwendig gewordenen Erweiterungsbaues des früheren Endbahnhofs der Niederschlesisch-Märkischen Bahn, der jetzige Schlesische Bahnhof in Berlin, dessen System in Fig. 1558a dargestellt ist. Die Wahl des letzteren ist durch die örtlichen Verhältnisse begründet. Die neue 207 m lange und 54,35 m weitgespannte Halle liegt nämlich Wand an Wand mit der alten Halle von 37,36 m und hat infolge dessen etwa dieselbe Höhenentwicklung wie letztere erhalten. Sie erhebt sich nur rd. 19 m über Schienenunterkante. Sie überspannt 6 Gleise und 3 Zwischenbahnsteige. Auf dem Bogenscheitel ist ein 9,5 m breites Oberlicht als erhöhte Laterne aufgesetzt, der Rest des Daches mit Wellblech gedeckt. Die Binder

Fig. 1558 d.
Schnitt G-H.



stehen in der doppelten Entfernung der alten Halle, nämlich in 7,43 m. Es sind durch Gitterwerk mit einander verbundene Doppelbinder in 1,30 m Entfernung. Sie erscheinen an der inneren Laibung als ein gleichmässig durchlaufender Bogen. Thatsächlich ist derselbe nicht symmetrisch. Da die Halle von Süden her (in der Figur rechts) durch die alte Halle gegen Winddruck geschützt ist, wurde auf der dem Winde ausgesetzten Nordseite der Bogen mit dem Schenkel vom Kämpfergelenk *A* bis zum Scheitelgelenk *C* aus einem Stücke ausgeführt, während er rechts nur bis zum Gelenke *D* reicht, das auf der pendelnden Stütze *DE* ruht. Es sind also thatsächlich 4 Gelenke vorhanden, von denen aber nur die Kämpfergelenke in die Erscheinung treten, während im Scheitelfeld und im Feld des Gelenkes *D* die Bogen-Gurtungen durchgeführt, aber natürlich durchschnitten bezw. mit ovalen Bolzenlöchern angeschlossen sind, um die Wirkung der Gelenke nicht zu beeinträchtigen. *B* ist kein Gelenk des Bogens, sondern nur ein Bolzen für den Angriff des Zugbandes. Um den Winddruck in der Längsrichtung aufnehmen zu können, sind je 2 Doppelbinderpaare in der Dachfläche, auf der Südseite fortlaufend bis zum Binderfuss, durch Diagonalkreuze ausgesteift. Die freie Nordwand wird durch theilweise ausgemauertes Eisenfachwerk ausreichend versteift. Die Pfetten sind in Holz hergestellt, von welchem 393 cbm zur Verwendung kamen, während sich das Metallgewicht der Halle an Eisen, Stahl (für die 40 mm starke Stange des Bogendurchzuges), Kupfer auf 1197 t, d. h. auf rd. 104 kg/qm stellt. In diesem Gewicht ist natürlich auch das Eisenfachwerk der Nordwand einbegriffen.

Fig. 1559.



Während das Scheitelgelenk *C* und das Gelenk *D* in einfacher Weise aus Stahlbolzen zwischen Gussstahlbacken, die mit den zusammengezogenen Gurtenden verschraubt wurden, hergestellt sind, ist die Auflagerkonstruktion der Stützenfüsse bemerkenswerth. Da sie auch bei den anderen grösseren Hallen der Bahnhöfe der Berliner Stadteisenbahn in ähnlicher Weise ausgeführt ist, sei ein solches Gelenk in Fig. 1558b—d zur Darstellung gebracht. Die mit einem Gusstück abschliessenden Bogenfüsse stehen hier auf einer Stahlrolle auf, die auf einer Auflagerplatte ruht. Um den nach aussen gerichteten Schub des Bogenfusses aufzunehmen, greift an einem die Füsse des Doppelbinders verbindenden Querträger mit Bolzengelenk ein schräg nach abwärts gerichteter Anker an, der mit den Unterbaupfeilern fest verbunden ist. Die u. Umst. nach innen gerichteten Auflagerdrucke werden dadurch aufgehoben, dass die Rollen nicht auf einer wagrechten, sondern nach innen ansteigenden Platte ruhen. Die Neigung der Oberfläche ist dabei so bemessen, dass bei ungünstiger Richtung des Auflagerdruckes dieser noch senkrecht zur Lagerplattenfläche steht. Auch das obere Gusstück, das ausserdem ein Abgleiten der Rolle durch Ansätze verhindert, zeigt die gleiche Neigung.

Auch bei flachen Spitzbogen kommen Ausführungen mit Zugband vor. Ein Beispiel giebt die im Jahre 1863 erbaute Bahnhofs-Halle zu Mailand, Fig. 1559. Sie hat eine Länge von 250 m und eine Weite von 40,5 m. Die Binder sind an den Auflagern in Blechträger-Konsolen übergeführt; sie haben 7,5 m Abstand. Zur Aufnahme des Bogenschubes ist ein polygonales System von Zugstangen angeordnet, welche einerseits im Bogenscheitel, andererseits dort angreifen, wo der gitterförmige Bogentheil auf die unteren, konsolartig gebildeten Bogen-Anfänger aufsetzt. Das Eisengewicht soll nur 35,23 kg/qm Grundfläche betragen.

β. Rund- und Spitzbogen ohne Zugband.

Die Rund- und Spitzbogen werden bei den neueren Ausführungen zumeist bis zu den Fundamenten herabgeführt, unter besonderen Umständen allerdings auch auf Säulenstellungen, Wandkonsolen usw. aufgelagert.

Ein älteres Beispiel letzterer Art ist die Halle des ehemaligen Ostbahnhofes in Berlin, deren System in Fig. 1560 dargestellt ist. Die Halle, welche $188{,}3^{m}$ lang und $37{,}66^{m}$ weit ist, wird durch doppelte $0{,}54^{m}$ breite, durch Gitterwerk kastenförmig verbundene Gitterbogen, überdeckt; die Binder liegen in Entfernungen von $7{,}53^{m}$ und erheben sich bis zu $18{,}6^{m}$ über Bahnsteigoberkante. Sie besitzen Gelenke sowohl im Scheitel als auch in den Fusspunkten. Das untere Ende der Binder setzt in einer Höhe von 6^{m} über Bahnsteig an; die Träger sind auf gusseisernen Konsolen aufgelagert. Zur seitlichen Absteifung werden die Binder an den Umfassungsmauern mittels angeschraubter gusseiserner Arme, die in entsprechende, in der Mauer befestigte gusseiserne Kasten greifen, gehalten. Der Längs-Verband ist nur in jedem zweiten Felde fest, im übrigen dagegen lose mit den Bindern vernietet. Die Halle ist in dem mittleren Drittel mit Eisenwellblech auf Holzpfetten, im übrigen mit Rohglas eingedeckt. Die Stärke der Umfassungsmauern konnte, da die Hallen-Binder grösstentheils auf Quermauern treffen, auf das mittlere Maass von 1^{m} eingeschränkt werden; wo diese Quermauern fehlen, ist die Stärke der Umfassungsmauern auf $1{,}25—150^{m}$

Fig. 1560.

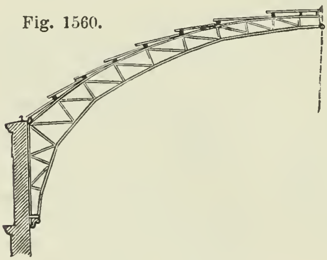
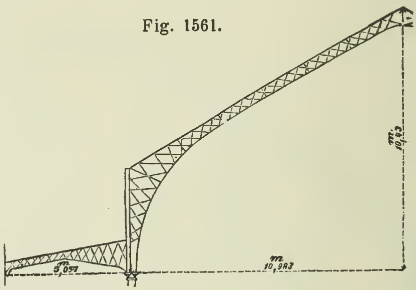


Fig. 1561.



vergrössert worden. Das Eisengewicht der Binder nebst Zubehör beträgt rd. 60^{kg} auf 1^{qm} Grundfläche.

Aehnliche Anordnung besitzt die Halle des Lehrter Bahnhofes zu Berlin.

Eine Ausführung mit Auflagerung auf Säulen zeigt die Halle des Nordbahnhofes in Wien, Fig. 1561, dieselbe ist dreischiffig; das mittlere 22^{m} weite Schiff ist durch spitzbogige Binder aus Fachwerk gebildet, welche auf gusseisernen Säulen aufliegen; die Höhe der Spitzbögen beträgt etwa 10^{m}. Die Binder liegen 6,64, bezw. $9{,}80^{m}$ weit. Das Eigengewicht der Konstruktion, einschl. der Säulen, jedoch nicht ausschl. des Eindeckungs-Materials, soll die beträchtliche Höhe von 121^{kg} auf 1^{qm} Hallenfläche erreichen. Die beiden Seitenschiffe steifen das mittlere Schiff ab und übertragen den Schub des grossen Bogens auf die Umfassungsmauern.

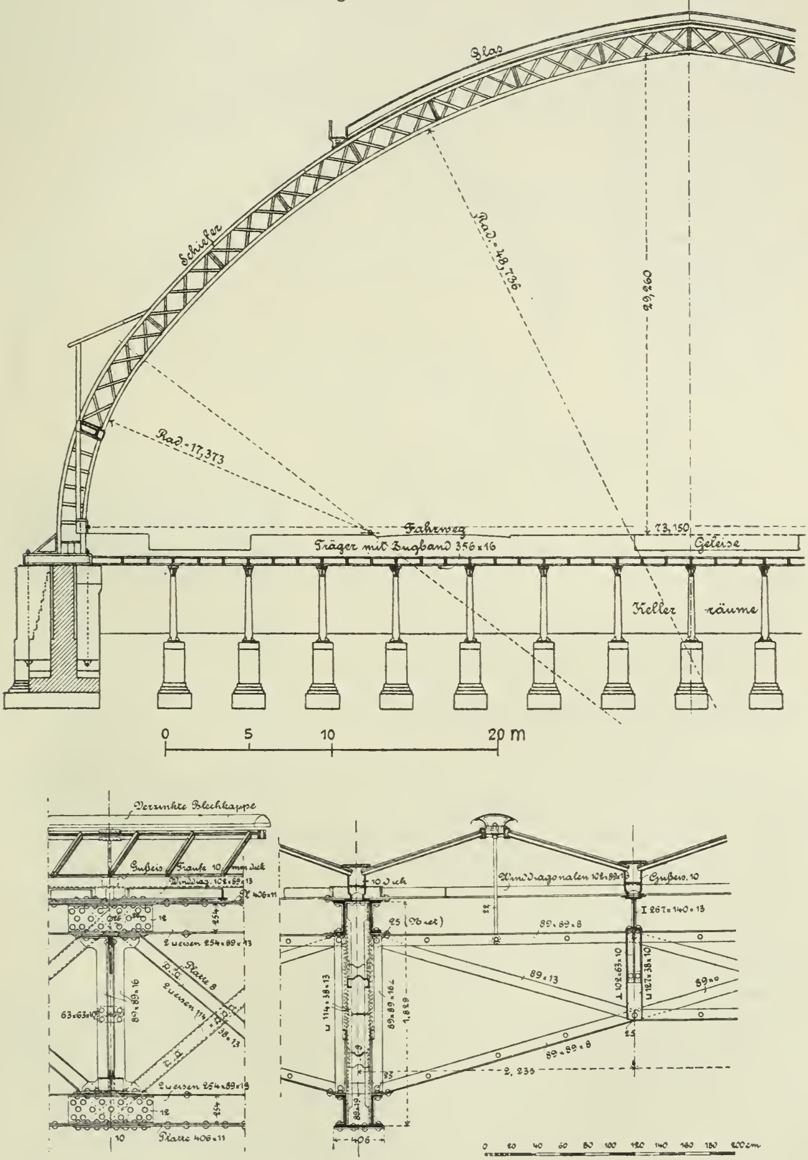
Eine besonders kühne Ausführung dieser Art ist die Olympia-Halle zu London. Ein $51{,}8^{m}$ weitgespannter Rundbogen stützt sich auf Säulen (oben und unten Kugelgelenke), um aus den niedrigen Seitenschiffen den Einblick in die Haupthalle möglichst wenig zu versperren. Der Bogenschub geht in die Seitendächer und von diesen auf einen steifen Winkelrahmen über, dessen senkrechter Schenkel das Dach stützt, während der wagrechte, auf dessen einem Ende die Säule der Haupthalle steht, in dem Fundament eingebettet ist. Auf diese Weise wird das Gewicht der Haupthalle nutzbar gemacht, um den Bogenschub mit aufzunehmen.*)

Ein älteres, aber auf dem Kontinent bisher an Spannweite (abgesehen von der Maschinenhalle auf der Weltausstellung Paris 1889) noch nicht übertroffenes

*) Näheres siehe L. Mertens. Eiserne Dächer und Hallen in England.

Beispiel einer spitzbogigen Bahnhofshalle ist diejenige des St. Pancras-Bahnhofes der Midland-Eisenbahn in London, in den Jahren 1866—68 durch Barlow erbaut, Fig. 1562a—c.

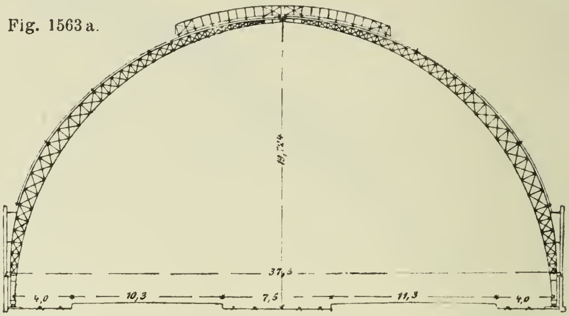
Fig. 1562a—c.



Die ohne Gelenke konstruirten Binder haben eine lichte Weite von 73,15 m, eine Höhe von 30,5 m und sind nach zwei Korbbögen konstruirt. Nächst dem Wider-

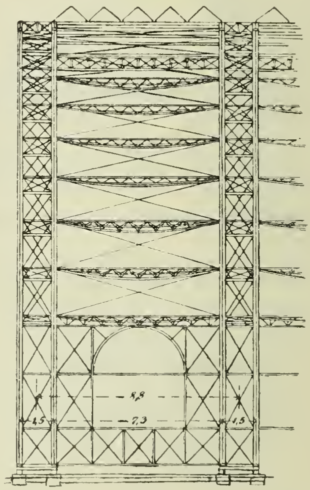
lager ist ein Kreisstück von 17,4 m Halbmesser (bezogen auf die innere Bogengurtung) eingelegt, welches bis auf 11,2 m Höhe über S.-O. reicht; von hier ab ist für den mittleren Theil ein Spitzbogen mit 48,8 m Halbmesser gewählt worden. Die Breite des Bogens ist auf der ganzen Höhe gleichbleibend und beträgt 1,83 m oder $^1/_{40}$ der Spannweite. Die einzelnen kastenförmigen Binder liegen in 8,94 m Abstand und sitzen mit dem Fusse stumpf auf mit einer breiten, nach unten kräftig verankerten Fläche. Sie sind ausserdem noch in der Wagrechten verspannt durch die unter dem Bahnplanum liegenden, in voller Breite durchgehenden Hauptbalken der Unterkonstruktion.

Fig. 1563 a.



Die Gesammtanordnung des Bauwerkes ist keine ganz klare, auch die Berechnung ist keine genaue, trotzdem ist dasselbe, wenn man die Zeitverhältnisse berücksichtigt, als eine überaus kühne Konstruktion anzusehen. Dem Material ist nur eine Spannung von 5,5 kg/qmm zugemuthet worden. Die Seitenflächen des Daches sind mit Schiefer gedeckt, der mittlere, im Grundriss 41 m breite Theil ist mit Oberlicht versehen. Das Oberlicht ist in Sägedächer aufgelöst, Fig. b und c. Die Firste der Oberlichte sind zur Lüftung der Halle eingerichtet, indem die Enden der Rohglastafeln hier einen 15 cm breiten Streifen offen lassen, der, zur Abhaltung von Regen und Schnee, mit einer Kappe gedeckt ist.

Fig. 1563 b.



Spitzbogige Hallendächer grösserer Art, mit 3 Gelenken, haben die **Bahnhöfe Alexanderplatz** und **Friedrichstrasse** der Berliner Stadteisenbahn; sie stimmen sehr nahe überein, so dass Abbildung und Beschreibung nur eines derselben genügt.

Fig. 1563 a zeigt die Ansicht eines Hallenbinders des Bahnhofs Alexanderplatz von 37,1 m Stützweite bei etwa 19 m Höhe, dessen innere Gurtung für jede Binderhälfte nach einem Kreisbogen von 19,38 m Halbmesser geformt ist, dessen Mittelpunkt 1 m seitlich der Hallenaxe in Schienenunterkante liegt. Die äusseren korbbogenartigen Gurtungen der sichelförmigen Halbbinder sind über dem Scheitelgelenk tangential in einander übergeführt. Die Binder sind mit der gleichen Entfernung von 8,3 m gestellt und durch eiserne Pfetten, die in 2,34 m Entfernung liegen und an jedem Ende auf einen Knotenpunkt treffen, verbunden. Sie sind als Doppelbinder mit 1,5 m Abstand der Theilbinder hergestellt. Fig. 1563 b lässt die besondere Form der Pfetten erkennen. Sie sind räumliche Gebilde mit dreieckigem Querschnitt. Jeder Schenkel des Dreiecks, von denen der eine in der Dachebene, der andere senkrecht dazu liegt, ist als Fischbauchträger ausgebildet. Diese Träger haben einen gemeinsamen Obergurt aus einem L Eisen, je einen Untergurt aus Flacheisen, während das Gitterwerk wieder aus L Eisen gebildet wird. Die Untergurte sind gegen einander versteift. Diese eigenartige Form kommt der verschiedenartigen Beanspruchung der Pfetten durch Eigenlast

und Winddruck in zweckmässiger Weise entgegen. Gegen Längsverschiebungen des Hallendaches wirken ausser den Pfetten Kreuze aus Rundeisen; die betr. Kräfte werden unten durch ein eisernes Rahmwerk, welches gleichzeitig die Fensterumschliessung abgiebt, auf die mit Gelenken versehenen Binderfüsse übertragen, Fig. 1563 b. Der Fensterrahmen ist kastenförmig gestaltet und liegt seiner ganzen Tiefe nach ausserhalb der äusseren Umgrenzungslinie des Binders (s. Fig. 1563 a).

Die Fussgelenke entsprechen den in Fig. 1558, S. 674, für den Schlesischen Bahnhof dargestellten in der Hauptsache. Die Scheitelgelenke werden durch einen Stahlbolzen von 60 mm Durchmesser gebildet, der durch das zugespitzte, mit aufgelegten Blechen verstärkte Ende der einen Binderhälfte hindurch gesteckt ist, während die andere Hälfte ihn gabelförmig umfasst.

Das Gesammtgewicht der Halle einschl. Eindeckung in Wellblech stellt sich auf 878 t, d. i. bei 6154 qm bebauter Grundfläche 142,67 kg/qm.

Die Ueberdachung der 144,7 m langen in der Krümmung gelegenen Halle des Bahnhofes Friedrichstrasse, deren Breite von 34—37,2 m zunimmt, wird durch 16 Doppelbinder von ganz ähnlicher Form wie die oben dargestellten des Bahnhofes Alexanderplatz bewirkt. Der Abstand der Binder beträgt auf der

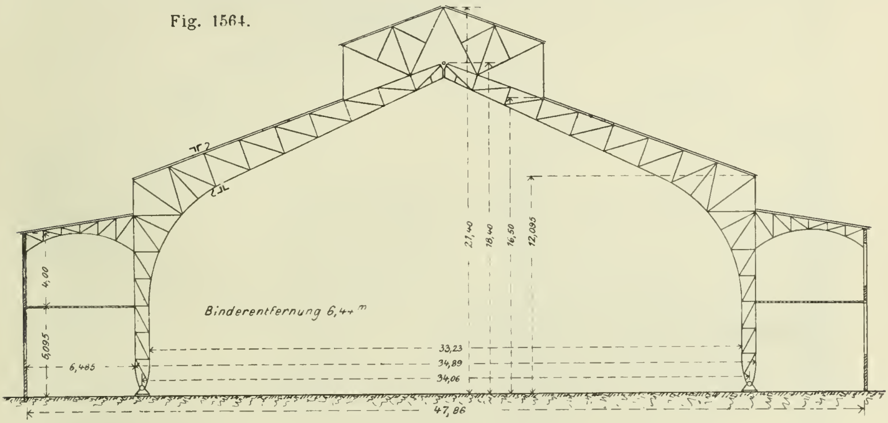


Fig. 1564.

einen Seite 9,01, auf der anderen 9,97 m. Dieser Unterschied findet in dem entsprechend veränderlichen Abstand je zweier Binderhälften ihren Ausgleich, so dass die Pfetten, welche in ihrer Form mit den auf Bahnhof Alexanderplatz verwendeten übereinstimmen, sämmtlich gleiche Längen erhalten haben. Da die niedrigen Seitenwände mit Mauerwerk geschlossen sind, kommt das eiserne Rahmwerk der Fenster hier in Wegfall. Das Eisengewicht der Halle, einschl. desjenigen der Dachhaut und der Eisentheile der Oberlichte, beträgt auf 1 qm Grundfläche 139 kg.

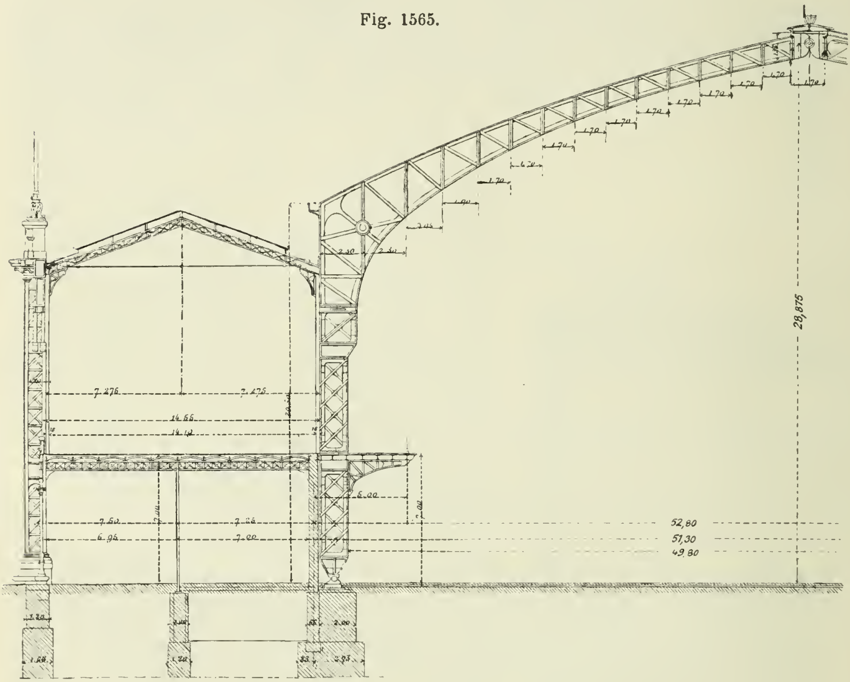
Für Ausstellungs- und Markthallen, überhaupt bei solchen Gebäuden, bei denen die Gewinnung hohen Seitenlichtes erwünscht ist, hat sich in neuerer Zeit ein Typus herausgebildet, bei welchem die Binder eine nahezu winkelförmige Gestalt besitzen, mit hohem senkrechtem Schenkel und garnicht oder nur schwach gekrümmtem Obergurt in dem geneigten Theile. Der Untergurt des Bogens ist dabei spitzbogig, aber aus verschiedenen Geraden und Krümmungen zusammengesetzt.

Beispiele aus neuester Zeit sind die 19,10 m weite Ausstellungshalle des Bochumer Vereins und die rd. 25 m weit gespannte Krupphalle auf der Düsseldorfer Industrie-Ausstellung 1902,*) erstere mit vollständig geradlinigem Obergurt des geneigten Bogenschenkels, letztere nach einem Flachbogen gekrümmt.

*) Vergl. die Abbildungen in der Dtschen. Bauztg. 1902. S. 313 u. S. 314.

Fig. 1564 giebt den Querschnitt der in gleicher Weise ausgebildeten Markthalle in Hannover*) wieder, welche sich bei 34,06 m Stützweite 18,4 m hoch bis zur Mitte des Scheitelgelenkes erhebt, 21,4 m bis zum Fuss des laternenförmigen Oberlichtes. Die Höhe des senkrechten Schenkels beträgt 12,10 m. Die Binder sind als Einzelbinder in 6,44 m Abstand ausgebildet. Die Gurte bestehen aus 2 L Eisen, die von 140 . 140.15 vom Fusse des senkrechten Schenkels bis auf 100 . 100 . 10 nach dem Schenkel zu abnehmen. Das Gitterwerk besteht im unteren Theile des Schenkels aus zwei Γ Eisen 70 . 70 . 9, im oberen Arm nach dem Scheitel zu dsgl. 60 . 60 . 8. Grössere Steifigkeit haben die Gitterstäbe an dem Uebergang aus dem lothrechten in den geneigten Schenkel erhalten. Die Pfetten sind als Kragträger ausgebildet. In jedem zweiten Felde sind sie fest mit den Bindern verbunden, die ihrerseits durch Diagonalverband gegen Wind-

Fig. 1565.



druck in der Längsrichtung ausgesteift sind. Diese Pfetten stehen um je 1 m beiderseits in die Nachbarfelder über. Die Pfetten des Zwischenfeldes sind mit Langlöchern an den Kragarmen angeschlossen, so dass ein Temperaturausgleich stattfinden kann.

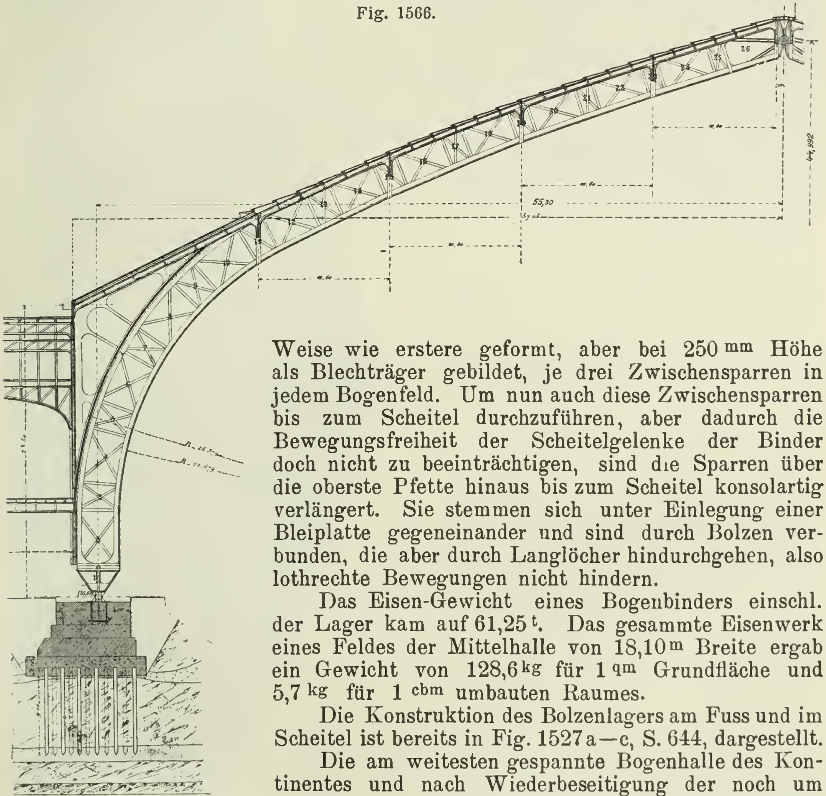
Die interessanten Fuss- und Scheitelgelenke sind schon in der Fig. 1526 a bis c, S. 644 dargestellt und erläutert.

Eine Stützweite von 51,30 m besass die Halle der schönen Künste**) auf der Weltausstellung in Paris 1889 bei 28,87 m Höhe bis zur Mitte des Scheitelgelenkes, vergl. Fig. 1565. Beiderseits schlossen sich noch niedrige, mit einfachen Dreieckdächern mit Fachwerksparren überdeckte Hallen an, sodass die Gesammtbreite sich auf 83,0 m stellte. Die Binder, durch Querverbindungen versteifte Doppelbinder in 0,45 m Axabstand, lagen in Entfernungen von 18,10 m.

*) S. Zeitschr. d. Hannoverschen Arch. u. Ing.-Vereins, 1894, Bl. 11.
**) Vergl. Nouv. annales de la construction 1888, S. 145 u. ff.

Ihr oberer Schenkel war im Obergurt nur schwach gekrümmt. Die Fusslager waren, um den Seitenschub aufzunehmen, unter dem Fussboden durch eine Zugstange von 80 mm Durchmesser verbunden. Die Gurte waren aus je zwei L Eisen 80 . 80 . 8 bezw. 9 und aus 350 mm breiten, einfachen oder mehrfachen Lamellen von 6—30 mm Gesammtdicke gebildet. Das Gitterwerk bestand aus Flach- bezw. ⊥ Eisen. Die Pfetten waren als Gitterträger von 75 cm Höhe gebildet und im Anschluss an die Binder durch Ausrundungen auf die volle Höhe derselben gebracht, sodass eine kräftige seitliche Aussteifung der letzteren entstand. Von den 6 Pfetten jeder Bogenhälfte waren die vier mittleren zu Paaren in je 1,7 m Abstand vereint. Zwischen die Pfetten spannten sich, in gleicher

Fig. 1566.



Weise wie erstere geformt, aber bei 250 mm Höhe als Blechträger gebildet, je drei Zwischensparren in jedem Bogenfeld. Um nun auch diese Zwischensparren bis zum Scheitel durchzuführen, aber dadurch die Bewegungsfreiheit der Scheitelgelenke der Binder doch nicht zu beeinträchtigen, sind die Sparren über die oberste Pfette hinaus bis zum Scheitel konsolartig verlängert. Sie stemmen sich unter Einlegung einer Bleiplatte gegeneinander und sind durch Bolzen verbunden, die aber durch Langlöcher hindurchgehen, also lothrechte Bewegungen nicht hindern.

Das Eisen-Gewicht eines Bogenbinders einschl. der Lager kam auf 61,25 t. Das gesammte Eisenwerk eines Feldes der Mittelhalle von 18,10 m Breite ergab ein Gewicht von 128,6 kg für 1 qm Grundfläche und 5,7 kg für 1 cbm umbauten Raumes.

Die Konstruktion des Bolzenlagers am Fuss und im Scheitel ist bereits in Fig. 1527 a—c, S. 644, dargestellt.

Die am weitesten gespannte Bogenhalle des Kontinentes und nach Wiederbeseitigung der noch um einige Meter weiteren Industrie-Halle auf der Weltausstellung in Chicago 1893 (112,17 m bei 62,89 m Höhe, vergl. die Angaben über dieses Bauwerk in dem nachfolgenden Abschnitt über die Montage grosser Hallen), überhaupt die bedeutendste zurzeit vorhandene Halle ist die zur Weltausstellung in Paris 1889 errichtete Maschinen-Halle*) von 110,60 m Stützweite zwischen den Gelenken, Fig. 1566. Aeusserlich erscheint sie wie die vorige mit 23,5 m hohem senkrechtem Schenkel und schwach gebogenem oberem Schenkel (mittlere Neigung 1:4), bei 45 m Höhe bis zur Mitte des Scheitelgelenkes. Die Halle besitzt, wie die vorige, keinen Laternenaufsatz und ist auf 91 m Breite mit Glas gedeckt. Der eigentliche Bogenbinder passt sich in diesem Falle der äusseren Form jedoch nicht vollständig an. Er ist vielmehr nur auf die unteren

*) Vergl. Nouv. annales de la constr. 1889.

7 m bei einer Breite von 3,7 m lothrecht und geht dann mit einem Bogenstück von 22,68 m innerem Halbmesser in den oberen flach geneigten Schenkel über, der im Scheitel noch eine Höhe von 3 m besitzt. Die Binder, welche an den Hallenenden 25,5 m, in der Mitte in einem Felde sogar 26,4 m, im übrigen regelmässigen Theile je 21,3 m entfernt sind, sind kastenförmige Gitterträger mit 0,55 m Entfernung der Stege. Die Gurte bestehen aus je 4 L Eisen 100 . 100 . 12 bis 9 und je 2 Stehblechen 450 . 10 bezw. 9, die zumtheil noch an der Innenkante mit Flach- bezw. L Eisen besäumt sind. Lamellen von 770 mm Breite im Ober-, 900 mm Breite im Untergurt, 1—3 an der Zahl, verbinden die beiden Gitterbogen zu einem geschlossenen Kasten. Das Gitterwerk ist aus doppeltem L bezw. T Eisen gebildet.

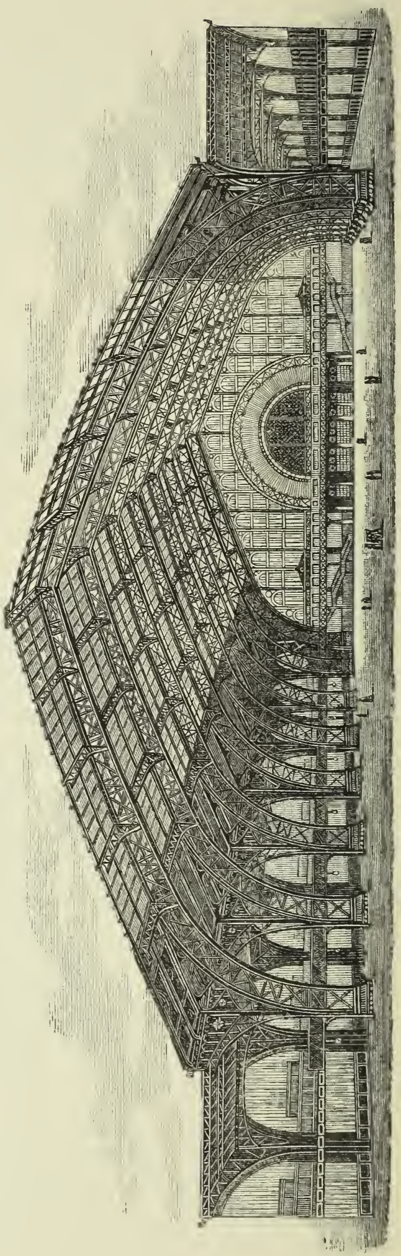


Fig. 1567. Perspektivischer Querschnitt durch die Maschinenhalle der Pariser Weltausstellung von 1889.

Die schweren Fussgelenke der Binder sind in Fig. 1528a und b, S. 645 dargestellt. Sie ruhen auf breiten Fundamenten, die trotz des starken Kämpferdruckes, der bis zu 400 t betragen kann, dadurch, dass sie kräftig und tief genug herabgeführt sind, auch den Seitenschub aufnehmen können und an die Sohle fast nur noch lothrechten Druck abgeben. Sie sind daher nicht verankert. Die Fundamente konnten zumtheil unmittelbar auf festen Sandboden gegründet werden, dessen Mächtigkeit zwischen 1 und 7 m schwankt. Bei den dünnen Schichten wurden noch Pfahlroste mit Pfählen bis zu 9 m Länge ausgeführt. Die Fundamente, die aus einer Betonplatte und Kalksteinmauerwerk in Zementmörtel bestehen, haben im ersteren Falle eine Grundfläche von 10,2 zu 6,8 m. Die Pressungen auf den Baugrund betragen nur noch 2,5 bis 3 kg. Mit diesen Fundamentklötzen sind die Lagerunterschalen mit 6 je 2,3 m langen, 60 mm starken Bolzen verankert. Einschl. des oberen Rahmens der äusseren lothrechten Wand besitzt jede Binderhälfte 6 Pfetten von 2 m Höhe, die ebenfalls als Gitterträger ausgebildet sind. Zwischen sie spannen sich in jedem Joch 3 Sparren von 0,40 m Höhe, deren konsolartige Enden im Scheitel sich ebenso zusammenstemmen, wie das für die Halle der schönen Künste schon beschrieben ist. In dieses Hauptnetz spannen sich dann die Pfetten zweiter Ordnung für die Schalung bezw. die Sprossen für die

Verglasung. Windverband ist in den 3 Mittelfeldern und je 2 Endfeldern angeordnet.

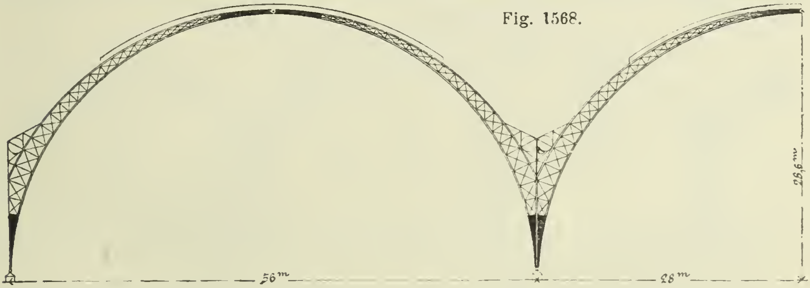
Die Halle besitzt eine Gesammtlänge von 421 m bei 145 m Gesammtbreite, einschliesslich der Nebenhallen, also 61045 qm Grundfläche. Ihr Gesammtgewicht stellt sich auf 12500 t. Das ergiebt für 1 qm Grundfläche 205 kg. Darin sind aber die schweren aus Blechträgern und Eisenfachwerk gebildeten Kopfwände einbegriffen. Für ein regelmässiges Joch von 21,5 mm Breite betrug das Gewicht einschliesslich der niedrigen Seitenhallen 362 t, worin das Bindergewicht 196 t ausmacht. Das ergiebt 147 kg/qm Grundfläche, oder 5,1 kg für 1 cbm umbauten Raumes. Das Gewicht der Bogenhalle ohne die Endabschlüsse allein betrug 7800 t, d. h. 162,1 kg auf 1 qm Grundfläche, oder 4,63 kg für 1 cbm Rauminhalt.

Trotz der mächtigen Bogenhöhen erscheint der Aufbau der Halle leicht und ist von ungemeiner Raumwirkung.

Eine perspektivische Innenansicht ist in Fig. 1567 dargestellt.*)

Während die bisher aufgeführten Beispiele mit Ausnahme des St. Pancras Bahnhofes in London durchweg Dreigelenkträger sind, ist die 63,50 m weitgespannte, 24,6 m bis zur Oberkante des Bogens hohe, 1893 erbaute Halle des Kölner Hauptbahnhofes**), die ebenfalls spitzbogigen Querschnitt aufweist, nur mit Kämpfergelenken ausgerüstet, die in diesem Falle jedoch nicht mittels Gelenkbolzen, sondern nur dadurch hergestellt sind, dass der Bogenfuss zu einer

Fig. 1568.



ganz schmalen Fläche zusammengezogen ist, die auf dem gusseisernen Auflagerstuhl kleine kippende Bewegungen machen kann. Die Entfernung der Doppelbinder (0,8 m Breite) beträgt 8,5 m. Die geringe Höhe von kaum $^2/_5$ der Spannweite ist hier gewählt worden, um die in der unmittelbaren Nähe des Kölner Domes gelegene Halle nicht zu sehr in die Erscheinung treten zu lassen. Die Halle besitzt im Scheitel eine durchlaufende Lüftungslaterne mit jalousieartigen Seiten und ist auch noch in anderer Weise reichlich mit Lüftungseinrichtungen versehen. Beiderseits des Scheitels sind sattelförmige Oberlichte angeordnet.

Handelte es sich bei den bisherigen Beispielen nur um eine Halle, der höchstens untergeordnete Nebenhallen vorgelagert waren, deren Dächer sich einfach seitlich an dem senkrechten Schenkel der Bogenbinder anschlossen, so seien nachstehend noch zwei Beispiele erwähnt, bei denen sich mehrere gleichartige oder wenigstens doch nahezu gleichwerthige Hallen unmittelbar neben einander legen. Die Schwierigkeit besteht in einem solchen Falle darin, die Hallen so aneinander zu schliessen, dass sie einerseits an den gemeinsamen Stützpunkten möglichst wenig Raum wegnehmen, andererseits aber in ihrer freien Beweglichkeit von einander möglichst unabhängig bleiben.

Drei ganz gleichartige rundbogige Hallen von je 56 m Stützweite bei 28,6 m Höhe besitzt der Zentralbahnhof in Frankfurt a. M., Fig. 1568. Es liegen drei, je 56 m weite Hallen neben einander. Die Füsse der Doppel-Binder, welche im regelmässigen Theile 9,3 m von einander entfernt liegen, sind bis auf Bahnsteighöhe hinabgeführt, und je 2 Nachbarbinder haben ein gemeinsames Fuss-

*) Vergl. auch Dtsche. Bauzeitung 1889.
**) Vergl. Zeitschr. f. Bauwesen, Jahrg. 1898, S. 415. Dsgl. Centralbl. d. Bauverwltg. 1892, S. 343.

gelenk mit Drehbolzen erhalten. Der Scheitel und der untere Theil der Binder sind mit voller Blechwand hergestellt und da zwischen je zwei, mit den Rückenflächen der Füsse zusammenlaufenden Bindern durch ein Stehblech eine feste Verbindung geschaffen wurde, ist die selbständige Beweglichkeit der einzelnen Hallenbinder insoweit beschränkt, als nur die im Scheitelgelenk sich vollziehenden Temperatur-Verschiebungen bei jedem Binder unabhängig von einander geschehen können. Die Scheitelgelenke sind als Federgelenke ausgebildet. (Vergl. Fig. 1401, S. 581.) Gegen Verschiebungen in der Längsaxe der Halle sind nur in den beiden Endfeldern zwischen den Binderfüssen kreuzförmige Spannstangen angeordnet, bei den Zwischenfeldern jedesmal nur im zweiten Felde Spreizen in Kämpferhöhe eingefügt. Darüber liegen unmittelbar unter der Dachhaut Windkreuze aus schwachem Rundeisen. Durch diese Anordnung ist bis auf 15 m der freie Durchblick durch alle Hallen gewahrt und auch der Verkehr für die Beamten nicht behindert. Die Hallen werden theils durch Ober-, theils durch Seitenlicht erhellt. Das Oberlicht erstreckt sich mit sägeförmiger Ausführung über $^4/_7$ der Hallengrundfläche, bei den Aussenseiten der beiden äusseren Hallen wird Seitenlicht in der Weise gewonnen, dass im untersten Stück des Daches die Dachhaut nicht der Gurtungsform folgt, sondern mit flacherer Neigung in schräger Richtung weiter geht (s. Fig.). Die überdachte Grundfläche der drei Hallen beträgt 31 584 qm; das Eisengewicht 124 kg auf 1 qm.

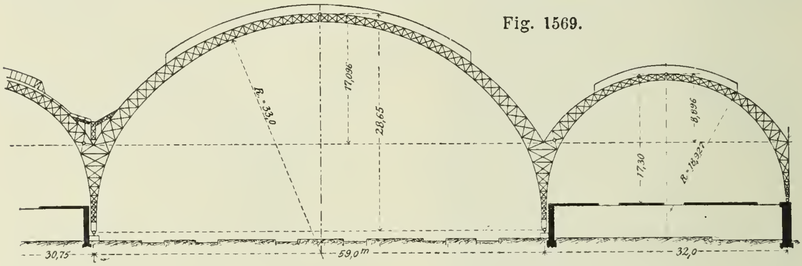


Fig. 1569.

Die Bahnhofshalle des 1896 erbauten Hauptbahnhofes Altstadt in Dresden*) besitzt eine grosse Mittelhalle von 59,0 m Stützweite, 30 m Gesammthöhe, an welche sich beiderseits unmittelbar zwei kleine Hallen von je 32,0 m Stützweite anschliessen, deren äussere Fusspunkte, gleich den in ihnen untergebrachten Gleisen und Bahnsteigen, 4,85 m höher liegen als diejenigen der Haupthalle. Ihre Höhe stellt sich auf 17,30 m, vergl. Fig 1569. Die Hallenbinder weichen in ihrer Gurtform vom vollen Halbkreis nur wenig ab. Es sind Doppelbinder von 1,30 m Breite in 10,0 m Entfernung. Die Kämpfergelenke sind Bolzengelenke, diejenigen im Scheitel Federgelenke. Die Seitenhallen besitzen nur an den Aussenseiten einen selbständigen Schenkel, während sie sich an der Innenseite in gleicher Höhe mit dem oberen Abschluss der lothrechten Aussenwand mittels Gelenkverbindung auf den Schenkel des Hauptbogens aufsetzen. Jeder Bogen kann also ungehindert für sich seine Bewegungen ausführen, wobei die kleinen Seitenhallen allerdings den Bewegungen des Hauptbogens durch die Auflagerung auf demselben etwas folgen müssen.

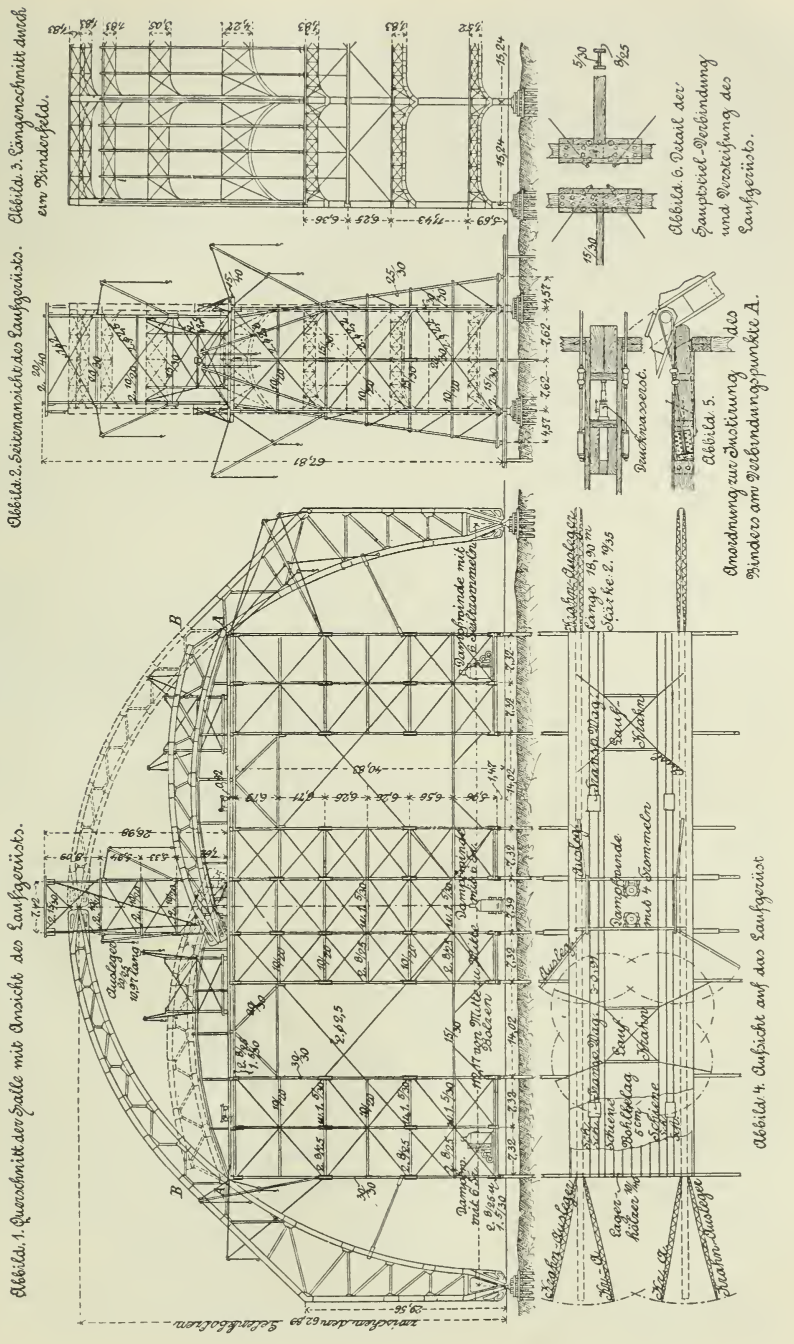
Die Hallen besitzen sattelförmige Oberlichte, die sich über mehr als die Hälfte der Dachfläche ausdehnen. Der Rest ist mit Wellblech gedeckt. Die Seitenhallen sind ausserdem in den senkrechten Flächen verglast.

e. Die Montage der Hallenkonstruktionen.

Die Art der Montage grosser Hallenkonstruktionen ist eine Frage, die schon bei dem Entwurf derselben in Rücksicht gezogen werden muss, da sie auf alle Fälle von erheblichem Einfluss auf die Schnelligkeit der Ausführung und auf die Gesammtkosten ist. Unter Umständen kann sie sogar von Einfluss auf die Wahl der Konstruktion selbst sein.

*) Vergl. Deutsche Bauzeitung 1890, S. 205 ff.

Fig. 1570.


Abbild. 1. Querschnitt der Halle mit Ansicht des Laufgerüsts.
Abbild. 2. Seitenansicht des Laufgerüsts.
Abbild. 3. Längenschnitt durch ein Binderfeld.
Abbild. 4. Aufsicht auf das Laufgerüst
Abbild. 5.
Anordnung zur Justirung des Binders am Verbindungspunkte A.
Abbild. 6. Detail der Hauptstiel-Verbindung und Versteifung des Laufgerüsts.
Druckwasserzyl.
Krahn-Ausleger
Länge 18,90 m
Stärke 2.19/35
zwischen den 62,89 Gelenkbolzen
Dampfwinde mit 4 Trommeln
Dampfwinde mit 6 Seiltrommeln

Kleinere Bauwerke wurden früher vollständig eingerüstet. Diese Ausführung auf festen Rüstungen bietet nichts besonders Bemerkenswerthes. Neuerdings sind derartige Aufstellungen aber vielfach ganz ohne Rüstungen nur mit Hilfe von Böcken und Krahnen bewirkt worden. Beispiele dieser Art giebt die Mehrzahl der Hallenbauten der Düsseldorfer Industrie-Ausstellung 1902.*)

Bei grösseren Hallenbauten erfolgt die Aufstellung zur Verminderung der Rüstkosten und zur Beschleunigung der gesammten Aufstellung von beweglichen Rüstungen aus, die auf Schienen in der Längsrichtung der Halle verschoben werden können. Mit diesen verschiebbaren Gerüsten wird entweder das ganze lichte Profil der Halle durchbaut, oder es werden wohl auch zwei getrennte Gerüstthürme aufgestellt, die sich ausserhalb der Halle, parallel zu den Seitenmauern bewegen. Das Studium der Veröffentlichungen über die Weltausstellungsbauten giebt auch auf diesem Gebiete reiches Material.

Als besonders interessantes Beispiel, bei dem es sich ausserdem um den bedeutendsten bisher ausgeführten Hallenbau der Welt handelte, sei die Aufstellung der Hauptindustrie-Halle der Kolumbischen Weltausstellung in Chicago 1893**) nachstehend beschrieben, wobei auch noch einige Daten über das Bauwerk selbst gegeben seien; vergl. Fig. 1570.

Die Halle besitzt bei 386 m Länge, 112,17 m Stützweite, also noch 1,53 m mehr als die Maschinenhalle in Paris 1889 (s. S. 681), übertraf dieselbe aber mit 62,89 m Höhe zwischen den Bolzen der Fuss- und Scheitelgelenke um ein Erhebliches (Paris 45,42 m), sodass die Pariser Halle doch eigentlich als das kühnere Bauwerk von den beiden zu betrachten ist. An Raumwirkung wurde sie allerdings durch die wieder beseitigte Halle in Chicago übertroffen.

Die Hauptbinder sind drei Gelenkbogen in Fachwerkkonstruktion, deren innere Laibungen stetig gekrümmt sind, während die äusseren bis zur Traufkante, d. h. 30,48 m hoch senkrecht emporsteigen. Das Mittelstück der Halle bilden 18 Doppelbinder in je 15,24 m Axentfernung, die übrig bleibenden je 63,5 m sind walmartig überdeckt. Gegen Winddruck in der Längsrichtung sind die äusseren vier Binderfelder, ausserdem jedes zweite Binderfeld durch Diagonalverband ausgesteift. Ausserdem geben die Gitterträger in der senkrechten Wand der Halle und die senkrecht stehenden Gitterpfetten von bedeutender Höhe eine kräftige Längsversteifung ab.

Das Gewicht eines Binderfeldes der Haupthalle, die noch von niedrigen Seitenhallen begleitet wurde, betrug 430 t, ihr Gesammtgewicht stellte sich auf rd. 6000 t, also bei 386 . 116 = 44776 qm auf rd. 134 kg/qm, d. h. ausserordentlich niedrig.

Die Montage dieses Riesenbauwerkes nahm in der Hauptsache nur acht Monate in Anspruch. Die Art des Ausführung ist aus den Abbildungen ersichtlich. Die Bogen wurden dabei mit Hülfe eines Laufgerüstes in vier Theilen zusammengestellt. Das Gerüst war so breit, dass ein volles Binderpaar mit allen Querversteifungen zusammengestellt werden konnte. Es wog rd. 320 t und bewegte sich auf 28 schweren Laufrädern von 0,50 m Durchmesser auf 8 Schienen. Die senkrechten Schenkel der Bögen bis *A* wurden von unten errichtet, die oberen Bindertheile eines Binderpaares auf der Lehre der oberen Plattform des Gerüstes montirt, mit den Pfetten usw. verbunden und dann um die bei *A* eingelegten Bolzen bis in die richtige Lage aufwärts gedreht, wobei der auf dem Laufgerüst stehende Mittelthurm in Thätigkeit trat. Jedes der beiden oberen Stücke eines Binderpaares wog 32 t, am Hallenende sogar 40 t. Um dann das Gerüst in das nächste Binderfeld verschieben zu können, musste die obere Plattform des Thurmes herabgelassen werden. Die gesammte Arbeit des Verschiebens des Gerüstes bis zur Wiederaufnahme der Montage im nächsten Binderfeld erforderte mit allen Nebenarbeiten nicht mehr als $^1/_2$ Tag, die Montage eines ganzen Feldes 9, 8 und zuletzt 5 Tage (bei der grossen Halle in Paris 23 und zuletzt 10 Tage; dort war aber die Binderweite erheblich grösser).

*) Vergl Dtsche Bauztg. 1902. Die Konstruktionen der Düsseldorfer Industrie- und Kunst-Ausstellung, S. 245 u. ff

**) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1893. S. 151 und Engineering 1893.

XIII. Dachdeckungen in Metall.

a. Die Materialien an sich.

Die wichtigsten Materialien zu Metalldächern und sogen. Bauklempnerarbeiten sind die Bleche von Zink, Eisen, Blei, Kupfer, ausnahmsweise Bronze. Auch gusseiserne Dachplatten sind im Gebrauch. Zink- und Eisenbleche werden häufig in gewellter Form und zuweilen ausserdem bombirt (der Länge oder Breite nach in einem flachen Bogen gekrümmt) verwendet. Zink bleibt in Deutschland zumeist ohne Ueberzug, obgleich es der Zerstörung durch Unreinigkeiten der Atmosphäre (namentlich schweflige Säure) überaus zugänglich ist; in Frankreich werden wenigstens die Zierarbeiten aus Zink in der Regel verbleit; Eisen wird für die gedachten Zwecke fast ausnahmslos verzinkt oder verbleit, obgleich auch einfache Schwarzblechdächer in den Alpengegenden unter rothem Oelfarbenanstrich erstaunlich lange Dauer aufweisen. Die Technik des Eisenemaillirens wird jetzt auch für Dachdeckungen, sowohl bei Eisenblech als auch bei Gusseisenplatten, häufig nutzbar gemacht; es lässt sich aus ihr eine ganze Skala von Farbentönen herstellen. Das emaillirte Eisenblech bezw. der Eisenguss mit Email aus guten Fabriken ist witterungsbeständig und für Wärme wenig durchlässig. (z. B. Schwelmer Emaillirwerk in Westfalen.) Blei wird in Frankreich mit Talg und Graphit abgerieben, wodurch ein unlöslicher Ueberzug von Bleiseife entsteht; zum Anstrich von Zinkdächern verwenden die Franzosen mit bestem Erfolg den Graphit, mit Urin angemacht und mit Bürsten aufgetragen und festgerieben: ein altes, bewährtes Verfahren. Kupfer wird häufig auf künstlichem Wege mit Edelrost (grüne Patina) überzogen, der es vor weiterer Zerstörung schützt. Um Gegenstände aus Kupfer oder einer kupferhaltigen Legirung mit einer Patina zu versehen, werden dieselben, nachdem sie entsprechend blank geputzt wurden, mittels Pinsels mit einer Lösung von 1 Theil Salmiak und 3 Theilen kohlensaurem Ammoniak in 24 Theilen kaltem Wasser bestrichen. Stärkere Ansätze von Patina bilden sich, wenn man anstelle des kalten Wassers einen dicken Tragantschleim zum Auflösen der Ammoniaksalze verwendet. Das Ansetzen der Patina beginnt bereits nach einer Viertelstunde; sie hat nach 6—8 Stunden eine schöne grünlich-blaue Farbe angenommen. Bronze bleibt in der Regel ohne Ueberzug, es sei denn, dass sie galvanisch oder im Feuer vergoldet wird.

Als Löthmaterial wird bei Eisen, Zink und Blei: Zinn, mit Blei gemischt (Löthzinn oder Weichblei) angewendet und zwar dient es bei Schwarzblech nicht nur als Bindemittel, sondern auch als vorbereitender Ueberzug. Verdeckte Arbeiten aus Kupfer und Bronze können gleichfalls damit gelöthet werden; im allgemeinen, insbesondere bei in der Werkstatt ausführbaren Löthungen dient bei ihnen aber Schlagloth (Messing). In Amerika findet das Hartloth-Pulver „Woomera" wegen seiner überaus einfachen Verwendbarkeit angeblich viel Anwendung (Kalläne & Herzberg, Berlin). — Zu den neuen Löthmitteln, mit denen Gusseisenbruch wieder vereinigt werden kann, gehört auch das mit „Ferro fix" bezeichnete Messingloth (R. Winnikes, Berlin). Verbesserte Löthöfen zu Bauarbeiten liefert G. Stadler, Bamberg; Benzinlampen und Benzinlöthkolben G. Barthel, Dresden-Striesen. Zink- und Eisenbleche werden an oder auf Holz mit Nägeln aus Zink oder verzinktem Eisen befestigt; Bleibleche mit Nägeln, die einen Ueberzug von Zinn, Zink oder Kupfer haben; Kupfer- und Bronzebleche mit Nägeln oder Schrauben aus den gleichen Metallen oder aus Eisen mit starkem Kupferüberzug. Auch in die Falze eingebogene Blechstreifen, Drähte und Haken dienen zur Befestigung.

Die Versteifung einzelner Konstruktionsformen wird durch eingelegte Holz- oder Eisengerüste bewirkt; das Holz sollte thunlichst imprägnirt, das Eisen verzinkt sein, wo es mit Kupfer in Berührung kommt verzinnt oder verkupfert, bei Berührung mit Bronze mit dünnem Bleiblech umwickelt.

Ausser dem gewöhnlichen Eisenblech, das am besten einen asphaltreichen Theer-, Blei- oder Eisenmennige-Anstrich erhält, wird auch das Zinkblech, wo es als Architekturtheil auftritt, (aus Schönheitsgründen) mitunter gefärbt. Wagner

in Wien lässt es mit einem Anstrich aus 22 g Antimon-Chlorür, 0,2 l Alkohol (von 40°) und 14 g Salzsäure schwärzen. Die Fläche wird mit Wasser gut abgespült, zweimal mit Firniss gestrichen und vor dem völligen Trocknen desselben wird geschlemmtes Blei mit einer Bürste aufgetragen und verrieben. Auch Anstriche mit Oelfarbe und besonderen Präparaten (Neosilexor), die dann mit Sandsteinpulver gepudert werden, sind gebräuchlich; bei den Gusseisenfassaden Nordamerikas schon seit sehr langer Zeit und mit verblüffender Naturtreue.

Da Deckungen allen Wettereinflüssen im äussersten Maasse ausgesetzt sind, ist vorzüglich das Verhalten der einzelnen Materialien unter wechselnden Wärmeeinflüssen zu berücksichtigen, sowohl wenn dieselben für sich, als wenn sie miteinander verbunden verwendet werden.

Es sei deshalb hier angeführt, dass die Längen-Ausdehnung für 1° Wärmezunahme beträgt (abgerundet):

1. bei Eisen:	0,001 = $^1/_{810}$	4. bei Blei:	0,003 = $^1/_{350}$
2. „ Kupfer:	0,003 = $^1/_{580}$	5. „ Zink:	0,003 = $^1/_{340}$
3. „ Zinn:	0,002 = $^1/_{515}$	6. „ Glas:	= $^1/_{1115}$

Bei verzinktem Eisen usw. ist die Ausdehnung des Hauptmaterials anzunehmen, bei emaillirtem nur das arithmetische Mittel der Werthe zu 1 und 6, also rd. $^1/_{975}$.

Nicht minder wichtig ist die Wärmeaufspeicherungs-Fähigkeit der betr. Materialien; dieselbe beträgt für:

1. Blei = 0,031	4. Zink = 0,096
2. Zinn = 0,056	5. Eisen = 0,114
3. Kupfer = 0,095	6. Glas = 0,193

Dass dem gegenseitigen elektrischen Verhalten Rechnung zu tragen, ist selbstverständlich; demnach sind unmittelbare Berührungen von Kupfer und Eisen oder Zink — wie oben bei Befestigungs- und Versteifungs-Materialien schon angedeutet — zu vermeiden und ebenso ist es unzulässig das Traufwasser von Kupfer- und Bronzedeckungen über nacktes Eisen- und Zinkmaterial zu leiten, weil das durch Kohlen- bezw. Schwefel- und Salpetersäure-Gehalt der Luft gelöste Kupfer sich auf dem Zink niederschlagen und dieses sich gleichzeitig lösen würde.

Die Anwendung von Blei (auch als dünne Schutzschicht) oder emaillirtem Eisenblech ist angezeigt wenn es sich um Ableitung von Säuren, bezw. Niederschlägen von sauren Dämpfen jeder Art — bei Blei ausgeschlossen: Essig und Kohlensäure sowie Ammoniak — handelt, also in der Nähe von chemischen Fabriken, welche solche herstellen oder verwenden, oder in welchen sich solche in den Abzugsgasen entwickeln, während bei starker Kohlensäure-Entwicklung Zink bezw. emaillirtes Eisenblech am zweckmässigsten zu benutzen sind. Bei ammoniakalischen Dünsten ist nur letzteres beständig.

Zinn ist als Dachdeckungsmaterial wenig gebräuchlich.*) **)

b. Verarbeitung der Materialien.

Die Verarbeitung der Bleche beschränkt sich in der Hauptsache auf deren Biegen, Falzen und Löthen; bei Deckung unebener (etwa windschiefer) Flächen kommt das Treiben hinzu, das aber bei Eisenblech nur ausnahmsweise angewendet wird. Dann ist zweckmässig Feinkorneisen oder Weichstahl zu verwenden; meist kann es durch Verwendung von Bleiblech vermieden werden.

Beim Löthen von Zink oder verzinktem Eisen ist die Anwendung von Salzsäure unumgänglich nöthig (saure Lösung von Chlorzink). Bei jeder anderen Löthung ist sie entbehrlich.

---

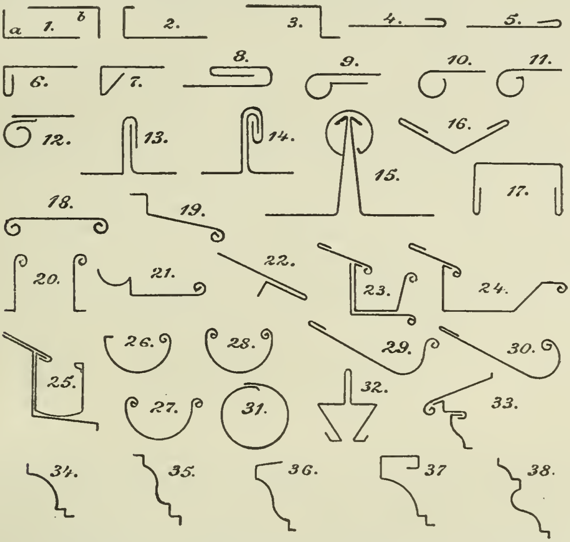
*) Ueber in Rothenburg ob. T. damit gemachte sehr schlechte Erfahrungen enthält das Centralbl. d. Bauverwaltg. No. 15, 1902, einen ausführlichen Bericht.

**) Sehr beachtenswerthe, aus der Fülle praktischer Erfahrung geschöpfte Winke über Metalleindeckung theilt Schippel in Chemnitz in No. 71, Jahrgang 1902 des Centralbl. d. Bauverwaltung mit.

Die Gefahren, welche fahrlässiges Umgehen mit der Säure, sowie mit dem nothwendigen Feuer hervorrufen können, oft auch hervorgerufen haben, machen es zum Grundsatz, die Ausführung von Löthungen auf dem Dache ganz zu verbieten — welches Verbot mit einiger Umsicht durchführbar ist — oder sie auf geringe Ausnahmen unter ausdrücklicher Anordnung zweckentsprechender Vorschriften, z. B. thunlichster Verwendung der Löthlampe anstatt des Ofens, und unausgesetzter Ueberwachung zu beschränken. Ueberwachung wird auch bei Ausführung von Ausbesserungen, wobei Löthungen kaum zu umgehen sind, immer angezeigt sein.

Die wesentlichsten Arbeiten sind alsdann „Nietung", welche in der Regel nur bei Eisenblech Anwendung findet, sowie Falzen und Biegen, was von

Fig. 1571. Grundformen für Falzen und Biegen von Blechen.



1. *a*: Ab-, *b*: Aufkantung; 2. Abkantung mit Aufkantung; 3. Abkantung mit Umkantung; 4. Falz; 5. Umschlag; 6. Abkantung mit Falz; 7. Abkantung mit scharfer Einfalzung; 8. Doppelfalz; 9. Wulstenfalz; 10. Wulst; 11. Wulst mit scharfer Einkantung; 12. angesetzter Wulst; 13. Deckbleche mit einfach stehendem Falz; 14. Deckbleche mit doppeltem Falz; 15. Deckbleche mit scharfer Einkantung und übergeschobenem Wulst mit scharfer Einkantung; 16. Kehle mit Falz; 17. Belgisch-Rheinische Deckleiste; 18. Deutsche Deckleiste; 19. Gesimsabdeckung; 20. Kiesschutzleiste (für Holzzementdächer); 21. Fensterrinne mit innerem Fensterblech; 22. doppelter Vorsprungsstreifen; 23. u. 25. Kastenrinne; 24. Rinne in Holzgesimsen; 26. halbrunde Hängerinnen mit Einkantung und einwärts stehendem Wulst; 27. desgl. mit auswärts und einwärts stehendem Wulst; 28. desgl. mit zwei inneren Wulsten; 29. Rinne auf Dach mit Wasserfalz und auswärts stehendem Wulst; 30. desgl. desgl. mit einwärts stehendem Wulst; 31. Abfallrohr; 32. Sprosse für Oberlichte; 33. Gesims mit Abdeckung; 34.—38. verschiedene Gesimsformen (gedrückt bezw. gezogen).

Hand selten mehr ausgeführt und grundsätzlich nur für kleinere Arbeiten gestattet werden sollte. Die neueren Falz- und Biegemaschinen allein gewährleisten vollkommene Arbeit.

Die Grundformen, welche beim Biegen und Falzen mit der Maschine herstellbar, sind in Fig. 1571, No. 1—16 dargestellt. No. 17—38 geben noch einige weitere Anwendungsformen, wie sie mit der üblichen Maschine ebenfalls unmittelbar gefertigt werden können.

Bei den neueren Deckweisen beschränken sich die Arbeiten dieser Art auf die Anschlüsse an Mauern usw. und an Rinnen; die Decktafeln werden von den Hütten und Fabriken fertig geliefert. Wenn nicht aussergewöhnliche Verhältnisse ein anderes bedingen, wird man wohl thun, diese Deckweisen anzu-

nehmen, welche unter Umständen etwas höhere Anlagekosten mit sich bringen, aber eine grosse Gewähr für Dauerhaftigkeit und Verringerung der Unterhaltungs- bezw. Ausbesserungsarbeiten bieten.

Der Hauptvorzug von Metalldeckungen gegenüber solchen in natürlichen und künstlichen Steinen beruht in der Möglichkeit, grössere Flächen ohne oder mit geringerer Zahl und mit durchaus dichten Fugen herstellen zu können, da im allgemeinen eine Deckung um so besser sein wird, je weniger Angriffspunkte sie für Wind und Wetter bietet. Ein weiterer Vorzug liegt bei einzelnen Deckungsarten in erhöhter Feuersicherheit, ein dritter, höchst wesentlicher in grosser Haltbarkeit und dem seltenen Erforderniss von Ausbesserungen, ein vierter in der Freiheit, von den steilsten (senkrechten) bis zu den flachsten (nahezu wagrechten) Neigungen herab zu gehen und im letzteren Falle die Dachfläche auf ein Mindestmaass beschränken zu können. Als fünfter Vorzug der Metallbedachungen ist die bequemere Einfügung von Oberlichten, die erleichterte Eindeckung von Kehlen und Graten und als letzter endlich die geringe Eigenschwere der Metalldächer anzusehen.

Diesen Vortheilen stehen als Mängel verhältnissmässige Kostspieligkeit und das Erforderniss einer ganz besonderen Sorgfalt bei Herstellung und Ausbesserung der Dächer gegenüber. Ausserdem ist die Anwendung der Metalldächer für viele Fälle erschwert durch grossen Temperaturwechsel, denen die im Dachraume befindliche Luftmasse ausgesetzt ist, und durch die Nothwendigkeit der Beseitigung von Schwitzwasser. Letztere Eigenschaft, sowie die bedingte Rücksichtnahme auf die grossen Ausdehnungs-Aenderungen infolge von Temperaturwechseln, führt zu mehr oder weniger schwierigen Konstruktionen deshalb, weil die einzelnen Theile der Deckung so beschaffen sein müssen, dass sie unbeschadet ihres eigentlichen Zweckes, die aus Temperatur-Aenderungen hervorgehenden Form- und Grössen-Aenderungen der Metallfläche zulassen.

Zu Metalldächern werden die eingangs gedachten Materialien sowohl als flache Bleche bezw. in Rollen (Blei), gerippt oder gewellt, als auch in besonderen Formen (Pfannen, Rauten, Schuppen usw.) verwendet. Verzinktes Eisenblech erhält auch die Form von Falzziegeln, emaillirtes Gusseisen die von rechteckigen Schieferplatten.

c. Besondere Vorsichtsmaassregeln bei Metalldeckungen.

Die rasche Zerstörung einzelner Metall- (namentlich Zink-) Dächer, welche man bemerkt hat, vermochte man sich früher nicht zu erklären; sorgfältige Untersuchungen führten zu der Erkenntniss, dass bei Anwendung frisch geschnittener, nicht ausgelaugter Schalung oder Latten, sei es infolge Deckung bei nassem Wetter oder des bei Thauwetter nach starkem Frost sich auch auf der Unterseite bildenden Beschlagwassers die im Holze enthaltenen organischen Säuren eine verderbliche Wirkung ausüben. Seit dieser, im Anfang der 1860er Jahre festgestellten Thatsache, werden in Frankreich nur ausgelaugte Hölzer (vornehmlich Pappel- und Weidenholz) zu Dachschalungen usw. verwendet. Vielleicht würde es gelingen, den Holzessig durch einen dicken Kalkmilch-Anstrich der Dachschalung zu neutralisiren. Auch mit der Zinkdeckung auf Monierfläche hat man (bei der Kunstakademie in Dresden) die allerschlechtesten Erfahrungen gemacht. Nach ganz wenig Jahren trieb der Wind das zerfressene 14er Zinkblech wie Papier auf dem Dache herum.

Bei Rinnen und Gesimsabdeckungen mit dünnen Blechen (also abgesehen von den Deckungen mit starken Trägerwellblechen) müssen Dachüberstände mit dichtfugigen Brettern unterschalt sein, also gespundete Schalung oder solche mit übernagelten Fugen erhalten; am besten ist doppelte Schalung.

Herstellung der Rinnen. In vielen, namentlich französischen Schriftwerken sieht man gewöhnliche Dachrinnen in Darstellungen, welche glauben lassen, dass Zink- oder Bleirinnen unmittelbar in Steinmaterial gebettet seien. Die Thatsache ist, dass sowohl in Rinnenkasten aus Holz, mittels Gips eine vorbereitende, genau anschliessende Bettung für Zink oder Blei gefertigt wird, als auch in einer (doch nur noch selten angewendeten) Bettung in Stein. Es wird aber die Gipsbettung stets noch mit festem, glattem, geöltem Papier *(papier Joseph)*

— wie es in Deutschland zur Verpackung feinerer Metallwaaren verwendet wird, ausgelegt, so dass eine unmittelbare Berührung des Metalls mit Holz- oder Steinmaterial bei Rinnen wie bei Gesimsdeckungen usw. niemals stattfindet. Auf diesem Umstande beruhen die in Deutschland hinsichtlich ihrer Richtigkeit oft angezweifelten französischen, statistischen Nachweise über die dortigen geringen bezügl. Unterhaltungskosten.

Auch bei Rinnen ohne Kastenbettung werden in Frankreich die Rinneneisen (abgesehen von Bauten geringfügigster Natur) gewöhnlich entweder mit Bleipapier umwickelt, oder es wird ein Zinkstreifen eingelöthet, welcher eine Art Bettung darstellt. — Bei solch vorsichtigen Maassnahmen erhöhen sich die Herstellungskosten um etwa 7—8%; die Unterhaltungskosten aber sinken gegenüber den in Deutschland allgemein nothwendigen oft auf ungefähr die Hälfte herab.

Witterungsfährlichkeiten. So wie bei nassem Wetter die Ausführung jeglicher Deckung auf Schalung ausgeschlossen sein sollte, so darf keine Zinkdeckung, bei welcher Biege- und Falzarbeit nothwendig ist, bei Temperaturen, welche dem Gefrierpunkt nahe liegen, ausgeführt werden, wenn bezüglich der Haltbarkeit Sicherheit bestehen soll.

Bei allen Metalldeckungen gilt die Regel: dass kein Nagel unbedeckt aussen sichtbar sein darf.

Nach einer jeden über Dach ausgeführten Löthung bei Anwendung von Säure, soll dieselbe sofort mit reinem Wasser gut abgespült werden.

Schliesslich ist nochmals auf das elektrische Verhalten verschiedener, unter Zutritt von Feuchtigkeit und angesäuerter Luft, mit einander in Berührung kommender Metalle, z. B. bei der Anordnung von kupfernen Dachbekrönungen, Eisenblechpfannen, Zinkrinnen usw., wohl zu achten. Schwefelgehalt in Zinkblechen, die in heissem Zustande mit Eisen in Berührung kommen, verursacht deren Kaltbrüchigkeit (durch Bildung von Schwefeleisen); Bleizusatz bis zu 1,5% wirkt günstig, darüber hinaus macht er das Zink locker und weich.

d. Deckungen in Zink.

α. Deckung mit Tafelblechen.

Im Nachfolgenden bezeichnet „Breite“ die Richtung parallel zum First, „Länge“ diejenige parallel zu den Sparren.

Die am häufigsten verwendeten Blechsorten sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt; No. 14 und 15 dient meist zu Rinnen und Kehlen.

Planbleche müssen stets auf Schalung verlegt werden; diese ist genau passend zusammen zu fügen und allerorten (durch Sparren oder Pfetten) ausgiebig zu unterstützen, damit keine Sackungen eintreten können.

No. der Tafel	Stärke in mm	Gewicht für 1 qm Kilogr.	Gewicht der Tafeln.			
			0,65 . 2 m = 1,3 qm	0,80 . 2 m = 1,6 qm	1,0 . 2,0 m = 2 qm	1,0 . 2,5 m = 2,5 qm
10	0,500	3,50	4,550	5,600	7,000	8,750
11	0,580	4,06	5,278	6,496	8,120	10,150
12	0,660	4,62	6,006	7,392	9,240	11,550
13	0,740	5,18	6,734	8,288	10,360	12,950
14	0,820	5,74	7,462	9,184	11,480	14,350
15	0,950	6,65	8,645	10,640	13,300	16,625

Als Haften dienen in der Regel Blechstreifen von stärkerem Zink (1—2 Nummern höher als die der Deckbleche), welche etwa 4—6 cm breit zu nehmen sind und in angemessener Länge, so dass stets zwei Nägel oder Schrauben „versetzt“ angebracht werden können. Haften aus verzinktem Eisenblech sind

nur in besonderen Fällen anzuwenden (auf welche weiterhin besonders hingewiesen wird). Die Haften sollen in Entfernungen von nicht über 50 cm von einander angebracht werden.

Bei allen Decksystemen werden zunächst die Traufkanten gebildet, indem doppelte abgebogene Vorsprungsstreifen (Vorstossbleche), Fig. 1572, aus einzelnen kürzeren, schmäleren Streifen gebildet, an der Traufkante aufgenagelt werden; bei Anwendung grösserer Breiten werden wegen den Temperatur-Schwankungen einseitig längliche Löcher nothwendig. Wenn aber eine Rinne zur Anwendung kommt, so werden zunächst die Haften für diese, Fig. 1573, 1573 a angebracht, welche gemeinsam zum Einhängen der Rinnen und der untersten Deckbleche dienen.

Bei vortretenden Dächern sowohl wie bei frei stehenden Giebeln wird es nöthig, eine Giebelsicherung vorzusehen, wie sie in den Fig. 1574—1577 dargestellt ist. Solche (ohne Anwendung von Leisten über Dach) lediglich aus aufgekanteten Falzen herzustellen, ist nicht räthlich.

Bei Fig. 1574—1577 sind die Giebel- oder Stirnbleche auf angenagelten Haften oben und unten eingeschoben, bei Fig. 1575 nur oben, bei Fig. 1576 auf

Fig. 1573.

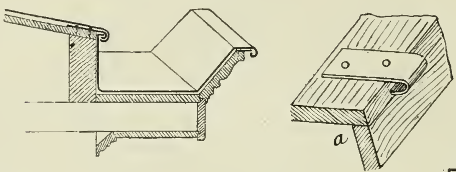


Fig. 1572.

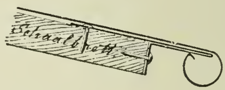


Fig. 1574.

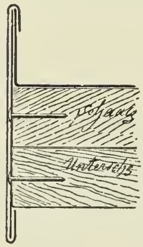


Fig. 1575.

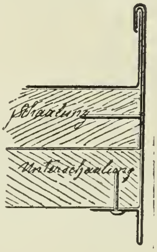


Fig. 1576.

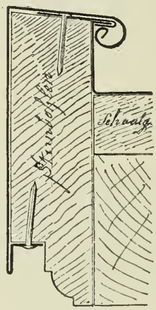
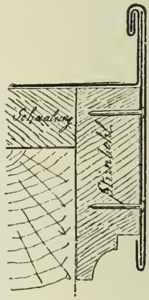


Fig. 1577.



umgefalzten, auf den Stirnbohlen befestigten Haften. Bei den Anordnungen nach letztgenannten beiden Figuren müssen für die unteren Nagelungen Langlöcher angewendet werden.

a. Die Deckung mit stehenden Falzen, Fig. 1578, ist nur für stark geneigte Dachflächen geringer Länge benutzbar, da die Ueberdeckung der Ober- mit der Untertafel durch Löthung hergestellt werden muss. Zwischen je zwei Deckblechen sind Haften aus starkem Zinkblech auf die Schalung genagelt; es muss also auf dem Dache gefalzt werden. (Wird fast nur bei verbleitem Eisenblech angewendet!)

b. Deckung mit übergeschobenem Wulst. Die Deckung nach Fig. 1579 u. 1580 ist wenig mehr im Gebrauch. Die Deckbleche in einer Breite von rd. 1,9—2 m werden erst am oberen und unteren Ende umgefalzt, in die entsprechenden Haften eingehakt und es werden sodann auf beiden Seiten zwischen denselben (seitlich) doppelseitige Haften, Fig. 1580 a, in Breiten von rd. 5 cm auf die Schalung genagelt und endlich um die wulstförmigen Aufkantungen der Tafeln umgebogen. Hierauf werden die Umfalzungen der wagrechten Fugen niedergedrückt und nunmehr die Wulste mit eigener Ueberdeckung untereinander (etwa 10 cm) über die Aufkantungen übergeschoben. Die Wulste selbst werden

von oben mit Holzschrauben auf der Schalung befestigt und es wird alsdann der Kopf derselben durch eine kleine aufgelöthete Zinkkappe überdeckt.

Bei den nachfolgend beschriebenen „Leistensystemen" werden möglichst grosse Tafeln (i. d. R. 1 m auf 2 m) verwendet, wobei ihre Länge in der Dachneigung liegt. Sie werden oben und unten um etwa 4—8 cm umgefalzt und sodann beiderseits um 2,5—4 cm aufgekantet, wie Fig. 1581 a im Grundriss, b in der Vorder-, c in der Seitenansicht zeigen. Die Dachfläche wird durch — in der Gefällerichtung — befestigte Holzleisten von trapezförmigem Querschnitt in Felder zerlegt (vergl. Fig. 1582 c), deren Breite sich durch die nach Abzug der

Fig. 1578.

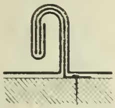


Fig. 1581 a—c.

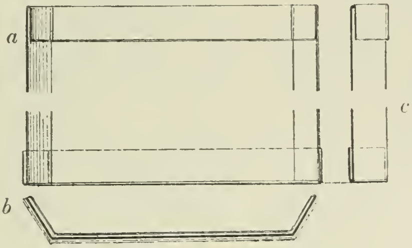


Fig. 1579.



Fig. 1580 b.



Fig. 1580 a.

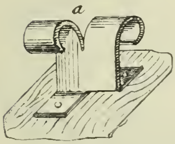
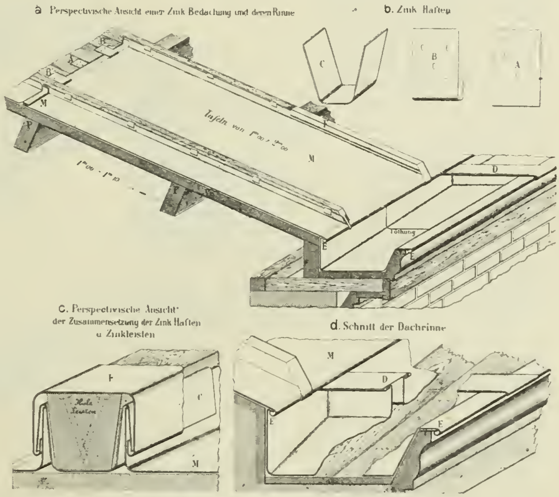


Fig. 1582 a—d.



Aufkantungen verbleibende Breite der Tafeln bestimmt, zuzüglich eines Spielraumes für die Zinkausdehnung.

Die verschiedenen Systeme unterscheiden sich nur inbezug auf Ausbildung der Leistenform, deren Ueberdeckung und der Haften für letztere, sowie für die Befestigung in der wagrechten Fuge, dem Längenstoss.

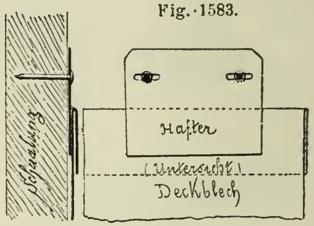
c. Das rheinisch-belgische Leistensystem ist in den Fig. 1582 a—d dargestellt.*) Für die Bleche vergl. auch Fig. 1581 a—c. Die Leisten haben 3—4 cm Höhe und es werden darunter in etwa 50 cm Zwischenweite die Haften *C*, Fig. 1882 b, befestigt. Die Deckbleche *M* erhalten am oberen Stoss drei Haften, von welchen *A* an der Unterfläche des Deckbleches, nach Fig. a, angelöthet ist, die beiden *B* hingegen um die obere Falzung greifen; sämmtliche Haften sind auf der Schalung genagelt. Nach Befestigung der Bleche werden die Haften *C* niedergebogen und die Kappen (Kopf- oder Deck-

*) Aus dem Musterbuch der Gesellschaft Vieille-Montagne in Belgien, desgl. die Fig. 1584 und 1585.

schienen) F,· Fig. 1582c, von unten eingeschoben, zuletzt das unterste Ende (der Kopf), Fig. a und d, welches vorher fertig verlöthet herzustellen ist. Das obere Ende des unteren Stückes der Deckschiene erhält dann einen Nagel und das nächst höher liegende muss nun mit einer Ueberdeckung von 10—12 cm wieder über das untere zurück geschoben werden, bevor es ebenfalls befestigt werden kann, u. s. f.

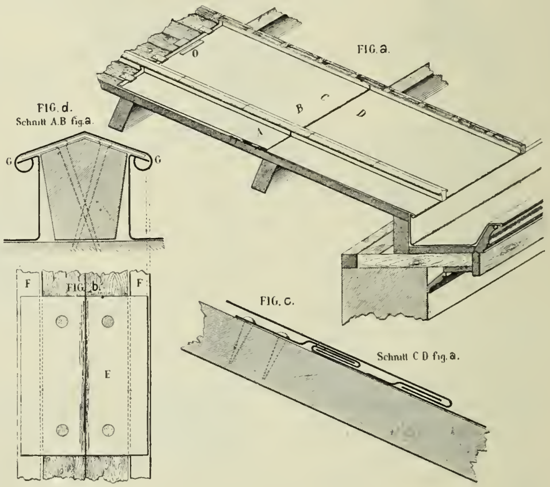
Die Herstellung der Firste von Satteldächern wird dadurch etwas erschwert, dass die oberste Deckschiene nicht bis oben hinauf reichen kann. Es müssen daher kleine Firstkreuzstücke nach Art der Deckleisten - Ueberdeckung übergelöthet, hergestellt werden, welche die Lücken decken. Bei etwaigen Ausbesserungen wird es selten gelingen, dieselben abzunehmen, ohne sie aufschneiden und darnach wieder verlöthen zu müssen, oder sie zu erneuern. Eine Verbesserung dieses Systems besteht darin, dass nach dem Vorgange der Schlesischen Zink-Gesellschaft anstelle der Haften B ebenfalls untergelöthete Haften, diese aber mit Langlöchern, Fig. 1583, angewendet werden, wodurch die Stossfuge einen besseren Schluss erhält.

Fig.·1583.



d. Das verbesserte deutsche Leistensystem, Fig. 1584a—d, wird genau so ausgeführt wie beide vorstehend beschriebenen; jedoch werden die seitlichen Aufkantungen der Deckbleche nochmals eingekantet. Die Leisten erhalten einen Firstgrat und die Kappen sind seitlich mit Wulsten abgebogen.

Fig. 1584 a—d.



An die Stelle der unter den Leisten befestigten Haften C, Fig. 1582b, treten hier solche aus verzinktem Eisenblech E, Fig. 1584b, welche auf den Leisten befestigt werden.

Bei steileren Dachneigungen wird die wagrechte Fuge so gestaltet wie vorher beschrieben. Bei flacheren dagegen, oder wenn aus anderen Gründen besonders grosse Dichtheit erforderlich ist, wird auch — gleichgiltig, ob untergelöthete, oder übergreifende Haften angewendet sind — ein überdoppelter Falz angeordnet. Dabei wird nahe der oberen Umfalzung der (unterliegenden Decktafel) ein etwa 20 cm breiter Haftstreifen aufgelöthet, so dass die Obertafel um eine grössere Breite 10—12 cm über die Untertafel überschiesst und durch den Haftstreifen dicht aufgedrückt wird. Darnach bleibt dem Winde keinerlei Angriff mehr, um die Fuge zu erweitern und Wasser einzutreiben.

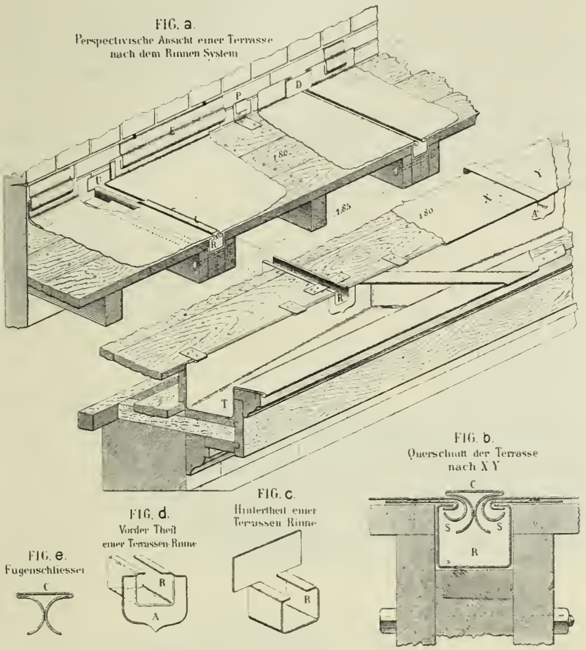
Aus dem Schnitt $C—D$, Fig. 1584c, ist diese Anordnung zu ersehen; dabei ist der mittlere Einhänge-Haft (anstelle der untergelötheten Haften A in Fig. 1582) zu einem übergreifenden gestaltet, was in diesem Falle recht wohl angängig, sogar von besonderem Vortheil sein kann.

Zu Firsten und Graten werden bei allen Leistensystemen ebenfalls Leisten derselben Form, aber zuweilen um etwa 1 cm höhere verwendet, so dass

die Kappen über die in der Dachneigung liegenden hinweg greifen. Damit gelingt es in manchen Fällen — aber nicht immer — die Anwendung verlötheter Kreuzstücke zu umgehen. (Vergl. Fig. 1582c und 1584d.)

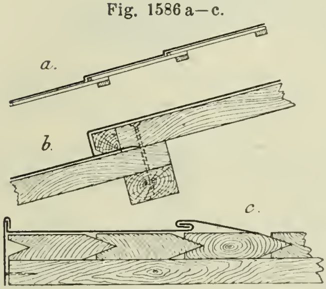
Kehlen werden um etwa 4 mm tiefer als die Dachfläche gelegt, wozu die Schalung besonders vorzubereiten ist, oder ausgehobelt werden muss. Am zweckmässigsten ist es, namentlich bei sehr flachen Dächern, dafür Rinnen anzulegen, wie bei dem nachbeschriebenen:

Fig. 1585 a—e.



e. Rinnensystem, Figur 1585 (a—e). Dies ist für ganz flache Dächer und besonders für begehbare Terrassen passend, kann aber ohne besondere Umständlichkeiten nicht für grössere Breiten (in der Dachneigung gemessen) als der von zwei Tafeln (rd. 2 m) angewendet werden, wobei diese (nach oder vor dem Verlegen) zusammen gelöthet werden. Die Länge der Bleche wird in Firstrichtung gelegt, so dass die Rinnen-Mitten in Abständen von 1,85 m liegen (bei 1 m Tafelbreite). Die unteren Endigungen der Rinnen (Mündung in die Hauptrinne) sind durch Löthung nach Form *A* zu gestalten, die oberen nach Form *R* desgl. (vergl. Fig. a, b, c und d).

Fig. 1586 a—c.



Es ist sehr zweckmässig Verstopfungen der Rinnen, namentlich bei Schneefall, mittels eingeschobener Deckkappen, Form *C*, Fig. b und e, vorzubeugen. Für begehbare Dächer dieser Art ist Zinkblech No. 15—18 anzuwenden.

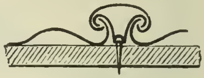
f. Biermann's (in Oberlochmühle, Erzgebirge) Eindeckverfahren verwendet anstatt der Brettschalung genuthete Holzbrettchen (Dachschindeln), von denen je eine Schaar an ihrer unteren Hirnseite eine gemeinsame Wasserleiste mit Abfasung erhalten. Die Zinkeindeckung wird nun in wagrechten Streifen, den Schichten oder Schaaren entsprechend aufgelegt, die untere Kante um die untere Wasserleiste heruntergebogen und mit einigen kleinen Nägeln angeheftet, die obere Kante durch die obere Wasserleiste gedeckt und festgehalten, ohne unbeweglich zu werden. Die seitlichen Ränder der Zinkbleche werden in einander gefalzt, am Ort (Giebelrand) nach oben gekröpft, damit hier das Wasser nicht überschiesst, siehe Fig. 1586 a—c.

β. Deckungen aus gewelltem Blech.

Die Wellung der Bleche bringt als Vortheile, welche für Dächer ins Gewicht fallen: vermehrte Tragfähigkeit, beschleunigte Abführung des Wassers — und dadurch bewirkte Entlastung der Fugen —, endlich den erleichterten Ausgleich von Aenderungen der Grösse, die durch Temperaturwechsel erzeugt werden, mit sich. Die Deckungen mit Wellblech bedürfen daher nicht nothwendig der Schalung, sondern sind mit Pfetten oder Latten ausführbar; der Abstand der Unterstützungen kann je nach der Blechstärke bis auf etwa 1 m steigen. Auch bedürfen die Dächer mit Wellblech-Deckung geringerer Dachneigung als die mit glattem Blech eingedeckten und endlich gestalten sich die Konstruktionen, welche zum Dichthalten der Dächer erforderlich sind, im allgemeinen einfacher als bei Dächern mit anderem Deckmaterial.

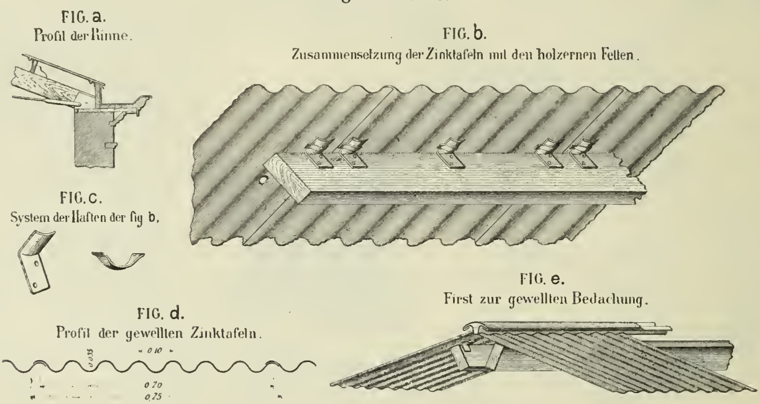
Die erforderlichen, nur geringfügigen Aenderungen an den Blechen erleichtern auch erheblich deren Wiederaufnahme und anderweitige Verwendung. Gewisse Nebenumstände wie häufiges Betreten des Daches, Vorkehrungen gegen inneres Abtropfen, besonderer Schutz gegen Sturm und Schnee usw. bedingen allerdings u. Umst. auch umständlichere Ausführung.

Fig. 1587.



Grösse und Gewicht der Tafeln, sowie Maass der Wellung ist ziemlich verschiedenartig. Beispielsweise deckt

Fig. 1588 a—e.



man mit 50 Stück nach Profil D gewellter Bleche No. 12: 75,1 qm Dachfläche mit 10 cm Ueberdeckung in der Längs- und einer Welle Ueberdeckung in der Querrichtung. Die Schlesischen Zinkwerke führen folgende Profile aus.

Profil	Wellen-höhe mm	Wellen-breite cm	Länge der Tafeln	Breite der Tafeln ungewellt	Breite der Tafeln gewellt	Nutzbare Deck-fläche %
B	32	11	3,00	1,60	1,30 }	74
—	—	—	—	1,30	1,08 }	
C	32	100	3,00	1,00	0,80	71
D	14	60	1,50	3,00	2,67	82
E	6	20	1,65	3,00	2,68	84
—	—	—	1,65	2,00	1,48	85

Bei Verwendung von Profil E ist Dachschalung unentbehrlich. Jacob Hilgers in Rheinbrohl führte bereits frei bombirte Wellblechdächer bis zu 24 m Spannweite aus.

Schadhafte Wellblechdächer können durch Aufbringen eines Gewebeüberzuges für lange Zeit wieder regendicht gemacht werden. Das Verfahren hat sich u. a. bei sächsischen Bahnhofbauten bewährt. (D. R. P. 130408.)*)

Für die Deck-Methode ist die rinnenmässige Wasserabführung, wie bereits bemerkt, von wesentlichem Belang. Weil dadurch die Gefahr des Durchtretens von Wasser erheblich verringert ist, so sind schon bei geringer Dachneigung Löthungen sowohl als künstliche Falzbildungen überflüssig. Die Dichtung wird durch einfaches Uebergreifen der Seiten der Tafeln um die Breite einer Welle und Ueberdecken der Enden um etwa 10 cm ausgeführt. Nur unter schwierigen Umständen (sehr geringer Dachneigung und sehr dem Winde preisgegebene Anordnung und Lage des Daches) kann Verlöthung am oberen und unteren Ende der Tafeln, sowie seitliche Falzdichtung, etwa nach Fig. 1587, nothwendig sein. Die Befestigung der Tafeln auf der Unterlage erfolgt mittels eiserner winkelförmiger Haften, die an die Pfetten oder Latten geschraubt oder genagelt sind, und Oesen

Fig. 1589 a—e.

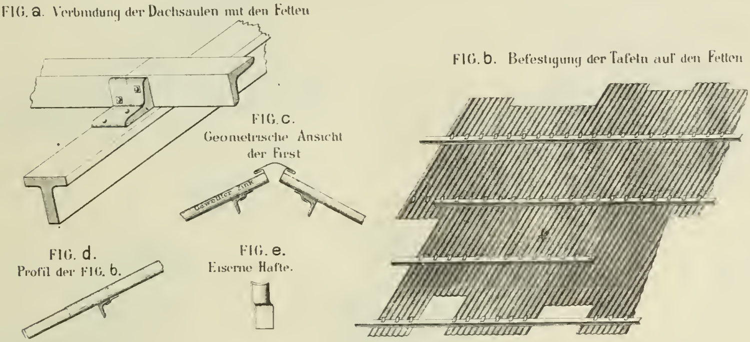
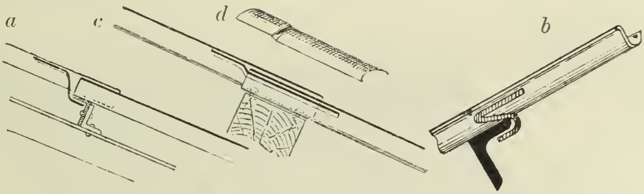


Fig. 1590 a—d.



aus Blech, welche an den Tafeln durch Löthung befestigt werden. Fig. 1588 a—e erläutert die Anordnung bei Holzpfetten, Fig. 1589 a—e bei Eisenpfetten.**)

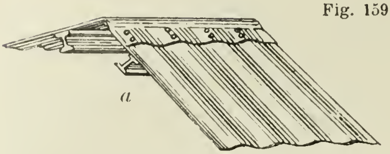
Dabei ist jedoch zu bemerken, dass, wenn auf vermindertes Abtropfen irgend Werth zu legen ist, die Haften auf der Unterseite des Wellenberges zu löthen sind — nicht des Wellenthales — und dass es weiter zweckmässig ist, dieselben nach Fig. 1590 b zu kröpfen, nach Fig. a dagegen nur bei sehr starken Blechen. Diese Anordnung ist nur dann zulässig, oder muss besonders stark ausgeführt werden, wenn der Wind unter dem Dache angreifen kann. Man wird in solchen Fällen im allgemeinen Eisenblech wählen. Bei Holzpfetten ist es räthlich, nach Fig. 1590 c zu nageln und die Haften nach Fig. d zu gestalten, während bei Zwischenauflagern die Haften a anzuwenden sind.

Bei allen Nietungen, sowie auch bei angelötheten Haften, sind die Rücksichten bezüglich des Sturmangriffes an langen Hebeln zu beachten. (Vergl. S. 641.)

*) Vergl. auch Dtsche. Bauztg. Jahrg. 1902, S. 224.
**) Aus dem Musterbuch der Gesellschaft Vieille-Montagne in Belgien.

Die Dichtung der Firste geschieht mittels aufgelötheter oder aufgenagelter,

Fig. 1591 a—d.



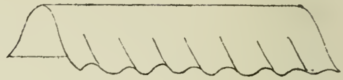


Fig. 1592 a—c.



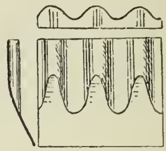
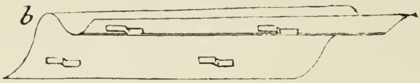


Fig. 1591 c





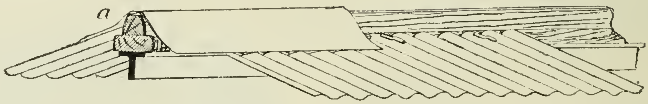
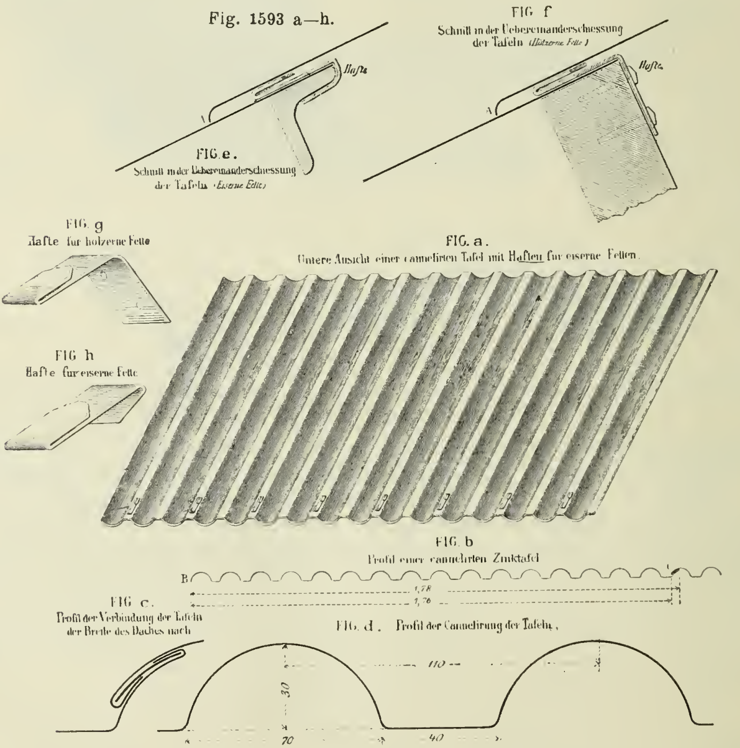


Fig. 1593 a—h.



gepresster Firstkappen aus Zink, Fig. 1591a, aus Blei, Fig. b, bezw. mit Zungenblechen, Fig. c, oder Ablaufblechen, Fig. d. Aehnlich werden auch

die unteren Abläufe, sowie die Grate eingedeckt. Wenn keine grosse Dichtheit erforderlich ist, erfüllen auch die Firstbleche, Fig. 1592a, b, welche nach b, c mit Haften eingeschoben werden, ihren Zweck. Eine gute Firstkonstruktion ergiebt sich, wenn nach Fig. 1588e u. 1589c für jede Dachfläche eine besondere Firstpfette angeordnet wird, um so viel herunter gerückt, dass beiderseits die Wellbleche, mit bequemem Spielraum dazwischen, noch darüber hinausragen, an ihren Stirnseiten mit winkelförmig abgekanteten, angelötheten Zinkblechen versehen.

FIG. a.
Perspectivische Ansicht einer Bedachung nach dem Zink Rauten System

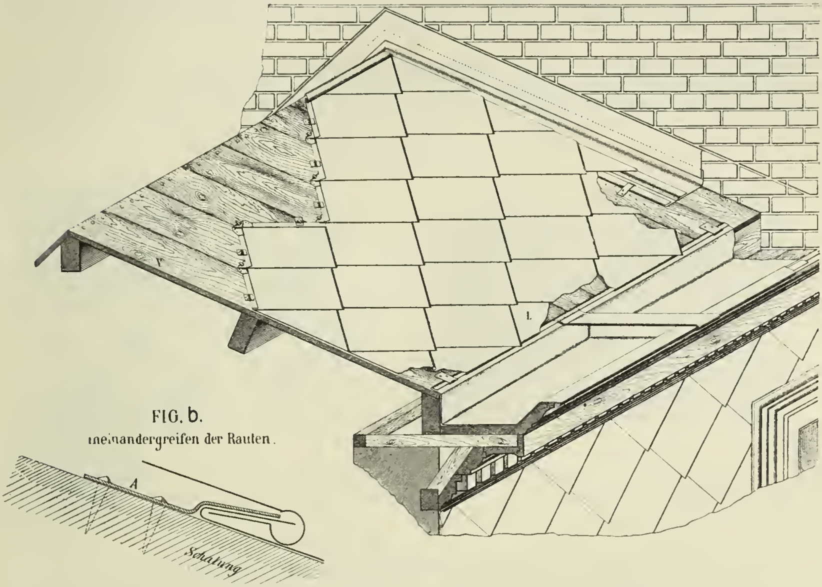


FIG. b.
Ineinandergreifen der Rauten.

FIG. c.
Ineinandergefugte Rauten

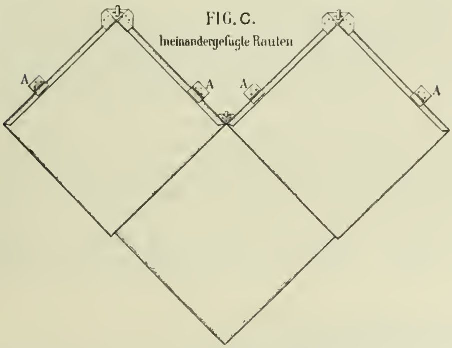
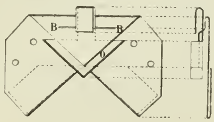


Fig 1594 a–d.

FIG. d.
Haften mit vervollkommnetem Schliesswinkel



Ueber die nach unten gerichteten Schenkel dieser Winkel wird dann die Firstkappe mittels Falzen geschoben. Das umständliche Anpassen und Einlöthen (auf der Dachfläche!) der Zungenbleche, nach Fig. 1591c, sollte thunlichst vermieden werden.

Kehlen können bei diesem System nur ausgeführt werden, wenn die Kehlsparren als Rinnen ausgebildet sind; oder es müssen die gegen die Rinne stossenden Wellen mit Ablauf oder Zungenblechen flach verlöthet und die Kehlen mit Planblechen hergestellt werden, wobei das System an Einfachheit, Zuverlässigkeit und an Werth verliert.

Fast ganz übereinstimmend wie hier angegeben, erfolgt die Eindeckung mit den sogen. Rinnen- oder kannelirten Blechen, Fig. 1593a—h, der Gesellschaft Vieille-Montagne.*) Der einzige Unterschied findet bei der Ueberdeckung der Seiten der Tafeln statt, welche, wie in Fig. c angegeben, geschehen kann, sonst auch wie bei Wellblechen. — Die Rinnenbleche haben im allgemeinen eine festere Lage auf dem Dache als die Wellbleche.

Ganz besonders ist zu betonen, dass bei Blechen nach der in Fig. 1593 dargestellten Form, das Abträufeln durchaus verhütet und ein weit dichterer Schluss gegen Wind, Schnee usw. erzielt wird, als bei Wellblechen je möglich sein kann. Das wird namentlich durch die eigenthümliche Ränderung, Fig. e und f, bewirkt. Werden Zwischenpfetten angewendet so leidet die Abtraufsicherheit Einbusse.

Hauptsächlichster Vortheil bei Anwendung der kannelirten Bleche ist der des erleichterten Anschlusses an Firste, Grate, Oberlichte usw.

Fig. 1595.

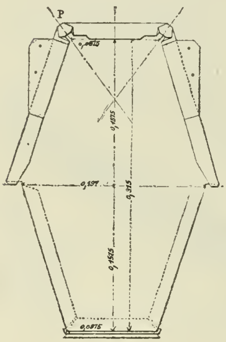


Fig. 1596 a und b.

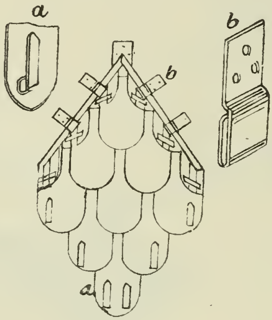


Fig. 1597.

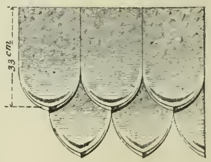
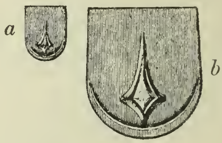


Fig 1598 a und b.



γ. Deckung mit Blechen in Pfannen- oder Schieferform.

Derartige Deckungen sind zumeist ohne Bearbeitung auf dem Dache ausführbar, da es sich nur um das Annageln der Haften und Einschieben der Formbleche handelt. Zweckmässig ist es dabei, auch die Anschlüsse an Kehlen, Giebel, Grate usw. von der Zinkhütte, welche die Bleche liefert, zu beziehen, falls nicht zuverlässige, mit der Zinkbehandlung durchaus vertraute Arbeiter zur Verfügung stehen. Die nachfolgend besprochenen Systeme stellen sich zwar verhältnissmässig theurer als die Deckweisen mit grossen Blechen, erfreuen sich aber in Frankreich und Belgien besonderer Bevorzugung, wozu neben dem gefälligen Aussehen die erleichterte Instandhaltung der Dachflächen beitragen mag.

a. Rautensystem der Gesellschaft Vieille-Montagne, Fig. 1594a—d. Die quadratischen oder rautenförmigen Tafeln werden in der Regel in folgenden Abmessungen gefertigt:

0,27 und 0,34 m Seitenlänge aus Zink No. 10,
0,44 m Seitenlänge aus Zink No. 11,
0,59 m „ „ „ No. 11 und 12,
0,74 m „ „ „ No. 13.

Die Abbildungen lassen die Deckweise in allen Einzelheiten erkennen. Darunter stellt Fig. d eine vervollkommnete Art der oberen Schliesswinkel

*) Die Zeichnung Fig. 1593 und 1594 ist dem Musterbuch dieser Firma entnommen. Der Sitz der Gesellschaft ist in Belgien; dieselbe besitzt jedoch auch in Deutschland Gruben und in Oberhausen Zinkwalzwerke und Klempnereien.

dar, welche jedes Zurücktreten von Tropfen verhütet. Die Tafeln werden auch länglich hergestellt.

Ein ganz ähnliches System ist das der Schlesischen Zinkhüttengesellschaft, bei welchem der obere Schliesswinkel durch eine verlöthete Hafte ersetzt wird.

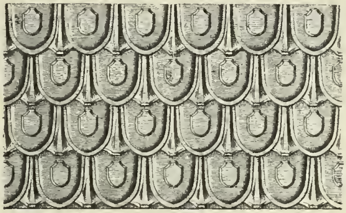
Trotz der grossen Zuverlässigkeit dieser Deckungsweise sind flachere Neigungen als 1 : 2,5 kaum anwendbar.

b. Das Sechstafel-(Baillot-)System, Fig. 1595, ist dem vorstehend beschriebenen nachgebildet und eignet sich nur für Mansardedächer usw. Die Tafeln werden in der Regel in Decklängen von 31,5 cm bei 19,5 cm Breite gefertigt. Das Baillot'sche System gilt übrigens bei den Fachleuten als veraltet.

c. Das Schuppensystem, Fig. 1596, ist für manche Dachformen, z. B. welsche Hauben, fast unentbehrlich, entwickelt aber seine eigentlichen Vorzüge erst bei der Verwendung von Schuppen verschiedener Grösse. E. Hahner in Dresden verfertigt z. B. das in Fig. 1598 a u. b. dargestellte Modell in 22 ver-

Fig. 1599 a und b.

a


b


schiedenen Grössen und in Blechstärken je nach Bestellung. Von den Bieberschwänzen, Fig. 1597, decken 50 Stück einen Quadratmeter; sie sind 33 cm lang und aus Zinkblech No. 10 gefertigt. Es werden auch Walmziegel nach dem Normalformat aus Zinkblech hergestellt.

Anschliessend an die Schilderung dieser, wesentlich für Nutzbauten, oder für grössere, wenig getheilte Dachflächen berechneten Decksysteme, folgen hier noch in Fig. 1599 a und b einige Grundformen für die tektonische Ausbildung von kleineren Mansarde-, Zelt- und Kuppeldächern, wie selbe z. B. in der Fabrik von E. Hahner in Dresden aus gepresstem Zinkblech in mannichfachsten Grössen und Formwechseln ausgeführt werden.

δ. Gewichte von Zinkdeckungen.

Um eine Uebersicht über die Materialgewichte zu gewinnen, welche bei den verschiedenen vorbeschriebenen Deckungsweisen aufzuwenden sind und nach welchen annähernd auch der Herstellungspreis derselben sich berechnen lässt, diene die nachfolgende Aufstellung, welche den Ausführungen der Vieille-Montagne entspricht.

Gewichte der verschiedenen Deckungsweisen in Zinkblech einschl. Haften.

Rheinisch-belgisches Leistensystem kg			Verbessertes Leistensystem mit Ueberfalz kg			Breite der Bleche
No. 13	No. 14	No. 15	No. 13	No. 14	No. 15	m
6,33	7,02	8,13	6,75	7,49	9,67	1,00
6,68	7,40	8,58	7,10	7,86	9,11	0,80

Gewellte Bleche No.	Gewellte Bleche kg	Kannelirte Bleche kg	Rautensystem No. 9	No. 10	No. 11	No. 12	No. 13	Nicht überdeckte Rautenbreite (Diagonale)
12	6,70	6,37	5,56	6,17	7,16	8,15	9,14	0,256
13	7,51	7,15	5,86	6,43	7,33	8,24	9,15	0,39
14	8,32	7,92	4,96	5,46	6,26	7,06	7,86	0,50
15	9,64	9,18	5,08	5,59	6,39	7,20	8,00	0,62
			4,69	5,15	5,88	6,62	7,36	0,83
			5,00	5,44	6,14	6,83	7,54	1,06
			5,18	5,75	6,67	7,60	8,52	0,295

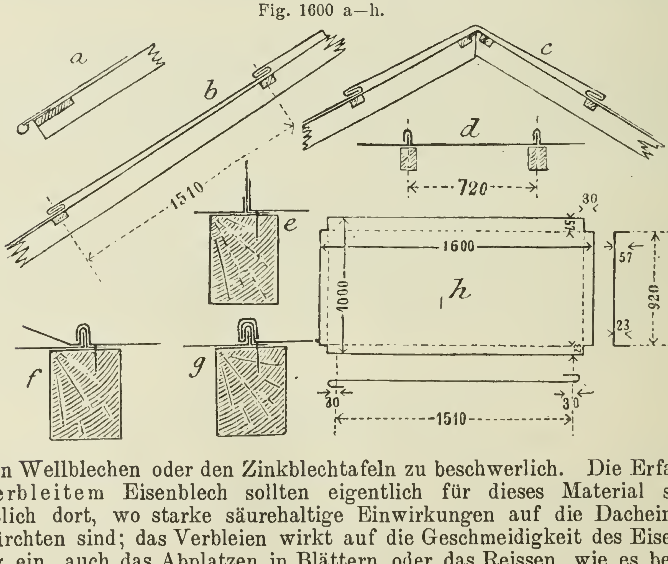
	Schuppensystem No. 11 kg	No. 12 kg	No. 13 kg	No. 14 kg
No. I, 21/29 cm	5,76	6,50	7,23	7,97
No. II, 13,5/21,5 cm	6,20	6,99	7,77	8,56

e. Deckungen mit Eisenblech.

α. Mit Tafelblechen.

Abgesehen von den in der Einleitung erwähnten primitiven Gebäuden wird das Schwarzblech nur noch zu den Kuppeln der Observatorien verwendet. Auch die verzinkten Eisenbleche in Tafelform sind in der Verarbeitung, gegen-

Fig. 1600 a—h.



über den Wellblechen oder den Zinkblechtafeln zu beschwerlich. Die Erfahrungen mit verbleitem Eisenblech sollten eigentlich für dieses Material sprechen, namentlich dort, wo starke säurehaltige Einwirkungen auf die Dacheindeckung zu befürchten sind; das Verbleien wirkt auf die Geschmeidigkeit des Eisenbleches günstig ein, auch das Abplatzen in Blättern oder das Reissen, wie es beim Zink als Ueberzug beobachtet wird, kommt bei der Verbleiung nicht vor. Trotzdem ist die Nachfrage nach verbleiten flachen Eisenblechen so gering, dass z. B.

Hein, Lehmann & Co. in Berlin-Reinickendorf, diesen Fabrikationszweig aufgegeben haben. Die Dillinger Hüttenwerke, A.-G. haben kein besonderes Decksystem, sondern liefern nur glatte und gewellte, verbleite Bleche. Vorräthig sind sie in Grössen von 1×2^{m} in vier verschiedenen Blechstärken; die Verlegung kann mit stehendem und liegendem Falz erfolgen, dabei empfiehlt es sich, eine mit Mennige getränkte Hanf- oder Juteschnur in den Falz einzulegen; die Befestigung an den Latten erfolgt durch umgebogene Haften. Aus den Darstellungen, Fig. 1600a—h ist u. a. der übliche Zuschnitt der Bleche (mit ausgezwickten Ecken) zu ersehen.

β. Mit verzinktem Wellblech.

Dasselbe wird zwar auf Bestellung mit fast jeder gewünschten Wellung und in Tafeln von 1,5 bis $4{,}5^{m}$ Länge, bei 0,6 bis $0{,}9^{m}$ Breite hergestellt; jederzeit vorräthig und am häufigsten verwendet sind aber Bleche von 2^{m} Länge, 750 bezw. 600^{mm} Baubreite und 45 bezw. 50^{mm} Wellenhöhe, bei 150 bezw. 100^{mm} von M. zu M. der Wellen. Die Blechstärke beträgt fast immer 1^{mm}. Enge Pfettenlage (bis zu 2^{m}) lässt flache Wellung zu; Trägerwellblech kann bis zu 4^{m} oder — wenn bombirt — überhaupt ohne Zwischenunterstützung (abgesehen von den Zugstangen) verwendet werden; jedenfalls steht die Schwere der Dacheindeckung im umgekehrten Verhältniss zur gewählten Unterstützungsweite, Unterschalung ist aber bei Eisenwellblech nie erforderlich.

Aus der grossen Zahl deutscher Wellblech-Fabriken bezw. deren Profilbüchern sei hier eine Tabelle mitgetheilt.*)

Verzinkte Wellbleche von Jacob Hilgers in Rheinbrohl.

No. der Blechlehre	Stärke in Millimeter	Gewicht für 1^{qm} Deckfläche einschl. Ueberdeckungen in Kilogramm		
		Profil I. $B = 84^{cm}$, $b = 120^{mm}$, $h = 25$ „	Profil II. $B = 81^{cm}$, $b = 135^{mm}$, $h = 30$ „	Profil III. $B = 75^{cm}$, $b = 150^{mm}$, $h = 49$ „
15	1,500	14,64	14,86	15,72
16	1,375	13,43	13,73	14,40
17	1,250	12,21	12,28	13,10
18	1,125	10,99	11,15	11,79
19	1,000	9,77	9,91	10,48
20	0,875	8,54	8,67	9,17
21	0,750	7,32	7,43	7,86
22	0,625	6,10	6,19	6,55

(B bedeutet ganze Breite der gewellten Bleche, b Breite der ganzen Welle (Wellenberg und Wellenthal), h Gesammthöhe derselben.)

Die Ueberdeckung der Tafelränder wechselt sowohl in Breite als in Höhe von $5—10^{cm}$. Die Verbindung wird durch Niete bewirkt und das Befestigen der Tafeln durch, an der Unterseite angenietete Haften, ähnlich wie bei Zinkwellblech, und zwar stets ohne Unterschalung. Die nachstehenden mitgetheilten Fig. 1601 u. ff. geben das Ausführlichere an.

Bei Dächern grösster Firstlänge, bei welchen es nöthig wird, auf die Längenveränderungen infolge von Temperatur-Verschiebungen Rücksicht zu nehmen, ist dies bei Wellblech-Deckung mit Leichtigkeit nach Fig. 1601 ausführbar; bei Anwendung besonders schwerer Bleche würde es sich empfehlen, leichtere Zwischenbleche zu verwenden, welche allerdings einer besonderen Pfettenunterstützung bedürfen, damit sie verschieblich bleiben.

*) Vergl. im übrigen im Deutschen Baukalender, Theil II die Tabellen von Tillmanns in Remscheid; Kammerich in Berlin und Schladern a. Sieg; L. Bernhard & Co. in Berlin; Hein, Lehmann & Co. in Berlin u. A. — Ausserdem an gleicher Stelle am Schluss der Normalprofile eine Tabelle für die Widerstandsmomente der üblichen Formen.

Nietungen erfolgen stets im Wellenberge; bei schwebendem Stoss ist stets Doppelnietung zu empfehlen. Um das Blech bei der Nietung nicht zu sehr in Anspruch zu nehmen, sind unter die Nietköpfe kleine Plättchen vom gleichen Material oder aus Zink oder Blei zu legen, Fig. 1602. Die Niete sollen auch bei nur 0,6 mm starken Blechen nie weniger als 6 mm stark sein, um nicht zu kleine Köpfe zu erhalten und dadurch das Ausbrechen zu veranlassen.

Die Uebernietung einer Kappe hält man kaum mehr für nothwendig, wenn Bleiplättchen zwischengenietet werden.

Pfettenauflagerung. Wenn mit geraden (nicht bombirten) Blechen gedeckt wird — also mit Stuhl — ist es zweckmässig, die Bleche in der Mitte und an beiden Enden zu stützen. Die Nietung im schwebenden Stoss gewährt

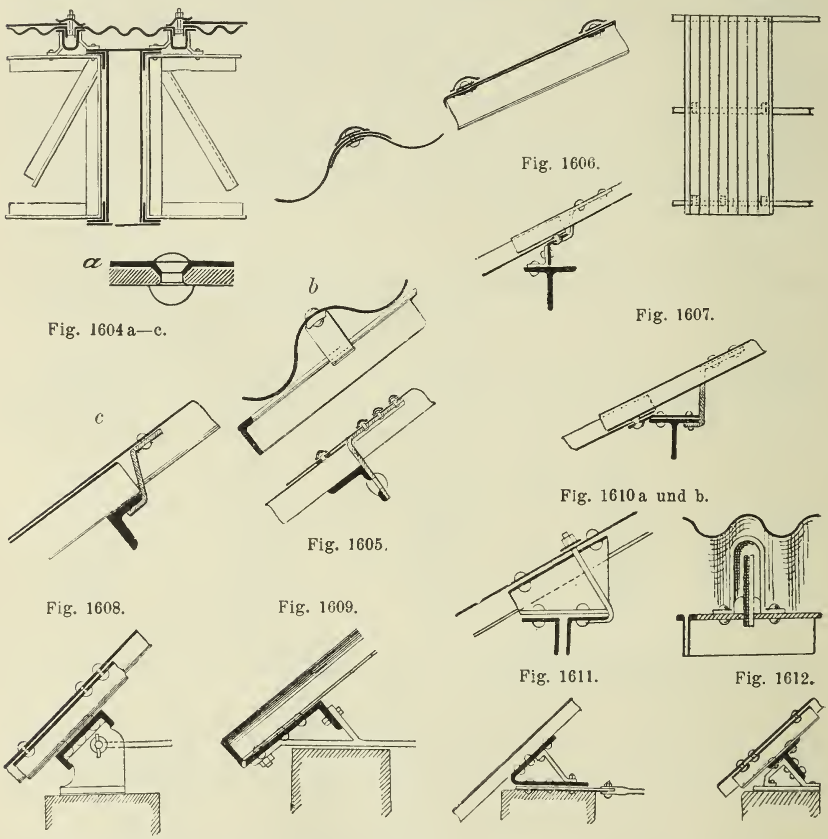


Fig. 1601. Fig. 1602. Fig. 1603. Fig. 1604 a—c. Fig. 1605. Fig. 1606. Fig. 1607. Fig. 1608. Fig. 1609. Fig. 1610 a und b. Fig. 1611. Fig. 1612.

geringere Dichte und ist schwer ausführbar. Die Bleche erhalten dann stets fünf Haften, und zwar am unteren Rande drei, in der Mitte zwei, Fig. 1603.

Auch die Haften werden mit seltenen Ausnahmen (z. B. an den Firsten) im Wellenberge genietet und erhalten dann die Form Fig. 1604 a—c. Die Nietung wird am zweckmässigsten in der Art ausgeführt, wie dies Fig. a zeigt, indem die dem Blech zugewendete Seite der Haftenlochung ausgefräst und nunmehr mit dem Körner das Nietloch durch das Blech geschlagen wird, so dass der entstehende Bart mitgenietet wird. Diese Nietung ist durchaus dicht und bricht nicht aus. Die Haften werden zuweilen mehrfach angenietet, Fig. 1605—1607,

und wenn der Wind unter das Dach greift, auch an die Pfette angenietet. Die Befestigung des oberen Stosses nach Fig. 1607, wobei der untere Niet blos das Unterblech fasst, verfolgt den besonderen Zweck, den unteren Stoss des oberen Bleches von dem Unterblech abzuheben, damit Schwitzwasser nach aussen abgeleitet werde.

Ganz besondere Rücksicht erfordert die Ausbildung der Fussauflagerung, Fig. 1608—1612. Bei Fig. 1608 dient als Fusspfette ein ⊓ Eisen und die Bleche sind an der Nietstelle durch kurze Wellblechstücke verdoppelt. In Fig. 1609 ist ein ⅂ Eisen angewendet, dessen unterer Schenkel in jedem Wellenthale durchbohrt ist, um dem Regenwasser Abfluss zu gewähren. Jedenfalls ist damit dem Abscheeren der Niete am besten entgegengewirkt; doch sind die Bohrungen schwer herzustellen und versagen bei Frost leicht ihren Dienst.

Fig. 1610a und b stellt die niederländische Art der Befestigung dar, bei welcher sattelförmig gebogene Blech-

Fig. 1620.

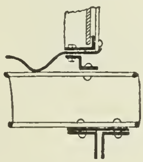


Fig. 1621.

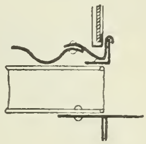


Fig. 1613 u. 1614.

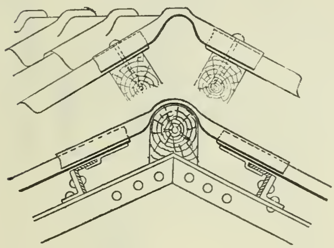


Fig. 1622.

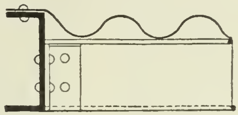


Fig. 1623.

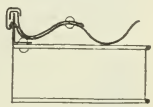


Fig. 1615—1618.

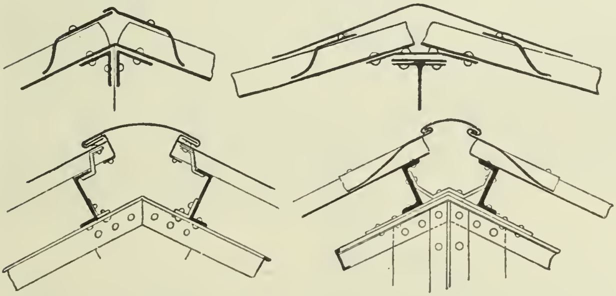
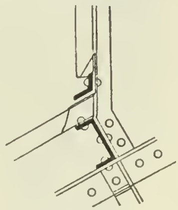


Fig. 1619.



stücke und Hakenbolzen Verwendung finden. Bei Fig. 1611 besteht das Auflager aus einem gebogenen Blechstreifen mit zwischengelegten, aus Z Eisen gebogenen Stühlchen und bei Fig. 1612 aus T Eisen mit Wellblechstücken an den Nietstellen. Auch Fusspfetten aus L Eisen können angewandt werden, wie spätere Figuren zeigen.

Die First e, Fig. 1613—1618, werden ganz ähnlich behandelt wie bei Zink-Wellblech, bei Fig. 1613 und 1614 mittels besonderer Kappenbleche, bei Fig. 1615 und 1616 mittels Zungenbleche, bei Fig. 1617 mittels an den Stirnen angenieteter Falzbleche, bei Fig. 1618 mittels Ablaufbleche. Fig. 1619 zeigt den First-Anschluss an eine senkrechte Laterne, Fig. 1620 u. 1621 zeigen den seitlichen Anschluss an senkrechte Blech- bezw. Glaswände. In Fig. 1622 u. 1623 sind die Anschlüsse an frei vortretende Giebel dargestellt.

Die Fig. 1624 und 1625 zeigen die Anordnung von Kehlen im Dach. Bei Fig. 1624 ist eine Abdichtung mit untergelötheten Zungenblechen erfolgt; bei Fig. 1625 hat man sich mit angemessenem Ueberstand der Bleche begnügt.

In Fig. 1626—1630 sind einige der häufigst auftretenden Rinnen-Anschlüsse dargestellt: Fig. 1626, 1629, 1630 mit untergelötheten Zungenblechen, die zugleich den Eintritt von Wind und Schnee zu verhüten haben, Fig. 1628 nur mit

Fig. 1624 u. 1625.

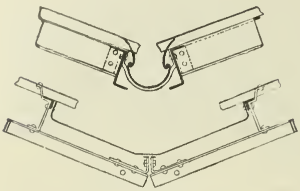


Fig. 1626.

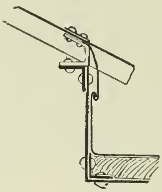


Fig. 1627.

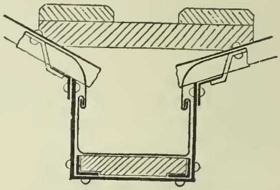


Fig. 1628.

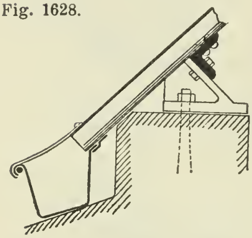


Fig. 1629.

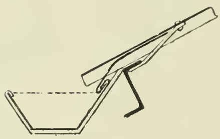


Fig. 1630.

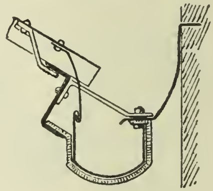


Fig. 1631.

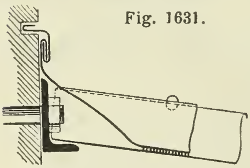


Fig. 1632.

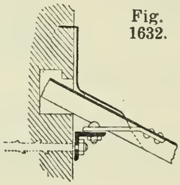


Fig. 1635.



Fig. 1636 u. 1637.

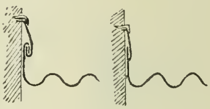


Fig. 1633

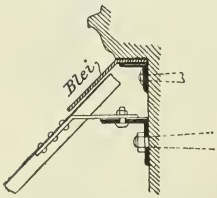


Fig. 1634.

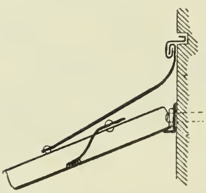


Fig. 1639.

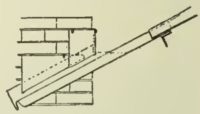


Fig. 1638a und b.

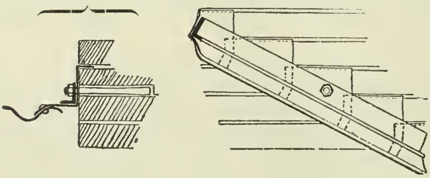
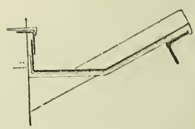


Fig. 1640.



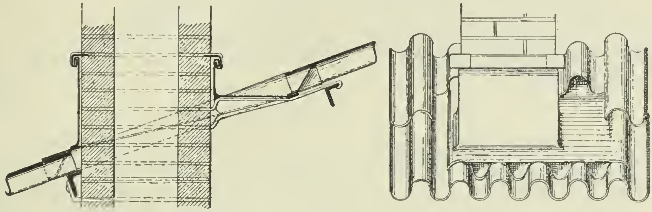
breitem Ueberstande. Fig. 1627 stellt die einzig zuverlässige Art dar, bei welcher Schwitzwasser nach der Rinne abgeführt wird; es sind die untergelegten Ablaufbleche durch kleine Blechstücke, welche an den Nietstellen zwischen diese

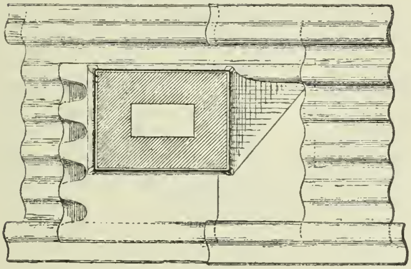
und die Deckbleche eingeschoben sind, um ein Geringes (4 bis 5 mm) von einander getrennt, so dass dem Schwitzwasser ein bequemer Abfluss bleibt.

Giebelanschlüsse von Pultdächern sind in den Fig. 1631—1634 dargestellt; von seitlichen Anschlüssen an Mauern, geben die Fig. 1635—1638 die üblichen Ausführungsweisen an (Fig. 1638b mit schichtenweisem Einbinden).

Die grösste Umsicht ist bei Anschlüssen an Mauerecken zu beobachten, gegen welche das Gefälle gerichtet ist, welche also eine Kehle bedingen, wie

Fig. 1641 a—c.





z. B. Schornsteine. Die Fig. 1639 u. 1640 geben dazu das Schema an. Die Eisen, welche die Kehle tragen, müssen derart lose befestigt werden, dass Bewegungen des Daches weder gehemmt werden, noch durch Gegenstemmen der Bleche die Standfähigkeit des Mauerwerkes bedroht werden kann. Die Anordnung, Fig. 1640, nach welcher die Wellbleche auf dem Boden der Kehle, bezw. die Kehlbleche mit Zungen in die Wellenthäler eingreifend, überlöthet sind, ist was die Wasserabführung betrifft, durchaus unzuverlässig. Die einzig richtige Lösung ist in Fig. 1641 a—c in Schnitt, Grundriss und Vorderansicht angegeben, woraus ersichtlich ist, dass das aus vier oberen Wellen sich ergiessende Wasser noch auf drei untere Wellen sich vertheilen kann, ohne an den seitlichen Dichtungen Stau zu erleiden. Zungenbleche sollten dabei nie angewendet werden, sondern immer nur Ablaufbleche, wenn auch die Anschlüsse an die durchschiessenden Seitenbleche dadurch erschwert werden.

γ. Dächer aus freitragendem Wellblech.

1. Konstruktion mit flach gewelltem Blech.

Dachkonstruktionen, die vor Einführung der Trägerwellbleche ohne tragendes Gerüst an der Unterseite derart hergestellt werden sollten, dass das innere Beschlagwasser ohne Abtropfen an der Unterseite der flach gewellten verzinkten Eisenbleche glatt ablaufen konnte, erfüllten diese Bedingung dadurch, dass das ganze tragende Gerippe aus L Eisen nach aussen (über die Dachfläche) verlegt wurde. Da heute die Nothwendigkeit für eine derartige Anordnung kaum irgendwo wieder eintreten wird, darf dieselbe als veraltet und überholt bezeichnet werden.*)

2. Aeltere Konstruktion mit trogartig gewellten Blechen.

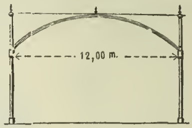
Dasselbe mehr historische Interesse beansprucht das Eindeckungssystem, nach welchem die Maschinenhalle der Pariser Ausstellung 1867 gedeckt war. Man stellte damals einige offene Hallen in Spannweiten von 11—20 m auf fest verankerten eisernen Säulen her und zwar ohne jegliche Zwischenkonstruktion,

*) Ueber Maassregeln, um das Schwitzen der Wellblechdächer zu verhüten, enthält die Dtsche. Bauzeitg. 1902, S. 120 und folgende, praktische Vorschläge.

selbst ohne Zugstange ausgeführt. Wegen heftiger Stürme war man gezwungen, später eine Zugstange anzubringen.

Bei einer weiteren Konstruktion, welche seitdem in Frankreich Schule gemacht hat, (grundsätzlich bei vorbenannter Maschinenhalle) wurden die Stützen bis über Firsthöhe verlängert und durch einen Zuganker verbunden, Fig. 1642. An den betr. Stützen konnten sodann auch die tragenden Zwischenrinnen aufgehängt werden. In der Folge sah man jedoch, dass sich damit keine besonders weiten Stützen-Entfernungen erzielen liessen, weil die durch Winddruck, Schnee und Eigenlast hervorgerufenen Seitendrücke zu grosse Verbiegungen ergaben. Man wendete nun einfach Zugstangen in bestimmten Zwischenweiten am Fusse der Wölbungen an.

Fig. 1642.



3. Neuere Konstruktionen.

Wirklich brauchbare Fortschritte ergaben sich erst seit Einführung der Trägerwellbleche die — in Kreisform gebogen — gleichfalls zu Dächern ohne Stuhl zusammen gefügt werden. Die Fabrik, welche sie zuerst einführte, (Hein, Lehmann & Co. in Berlin) wendete bei sehr geringer Spannweite ausser einer Spannstange noch eine Hängestange im Scheitel, bei grösseren Spannweiten mehrere solcher in symmetrischer Anordnung an, wie Fig. 1643, No. 1—3, 7 u. 8 zeigen.

Für schmale Pultdächer ersparte man die Zugstange, No. 4, während man eine solche bei Scheds mit gebogenen Dächern, No. 5, als Sehne anwendete, bei geradlinigen dagegen, No. 6, eine Zugstange zwischen den Rinnen. Natürlich griffen die schief oder senkrecht angebrachten (Hänge-) Stangen an den doppelt vernieteten Stössen des Bleches an, welche durch Zwischenbleche gleicher Form verstärkt waren. So ging man bei Dächern wie No. 3 u. 7 bis auf 25 ^{m} Spannweite.

Die sich steigernden Anforderungen an Sicherheit gegen Abtropfen veranlassten dann, dass man zunächst zu längeren Platten griff und, unter Anwendung minder starker Krümmungen, zu einer der Parabel angenäherten Form, No. 7, überging. Dabei wurden denn die Stösse dreifach und zwar blos im oberen Wellenkamm (im Sattel) No. 7a, genietet. Die Nietung im Fuss ward durch Einschieben eines schmalen Wellblechstückes, No. 7c, verstärkt und der Anschluss des Laternendaches nach No. 7b gestaltet.

Dies genügte jedoch in vielen Fällen nicht; man wählte daher steilere Parabelformen, No. 8, und es wurden, um das Abtropfen an den Stössen ganz zu verhindern, zwischen die Nietüberdeckungen kleine Stückchen gebogenen Bleches eingeschoben, wie No. 9 u. 9a (vergl. auch Fig. 1602) anzeigen, wobei eine Lücke zum Abfluss des Schwitzwassers nach aussen blieb.

Wenn solchergestalt ein grosser — oft befriedigender — Erfolg erzielt war, so konnte doch von vollständiger Tropffreiheit noch nicht die Rede sein.

Inzwischen ist man, sobald eine dauerhafte Konstruktion angestrebt wird, von der Erfahrung belehrt, wieder zur Anwendung von Stühlen, freilich leichtester Form, zurück gekehrt, wie No. 10—13 zeigen.

Um die Obergurtung des in No. 10 dargestellten, auf eine Spannweite von 35 ^{m} berechneten Binders möglichst leicht zu gestalten sind die darüber liegenden Wellen unter Zuhilfenahme zwischengepasster Blechstücke damit vernietet.

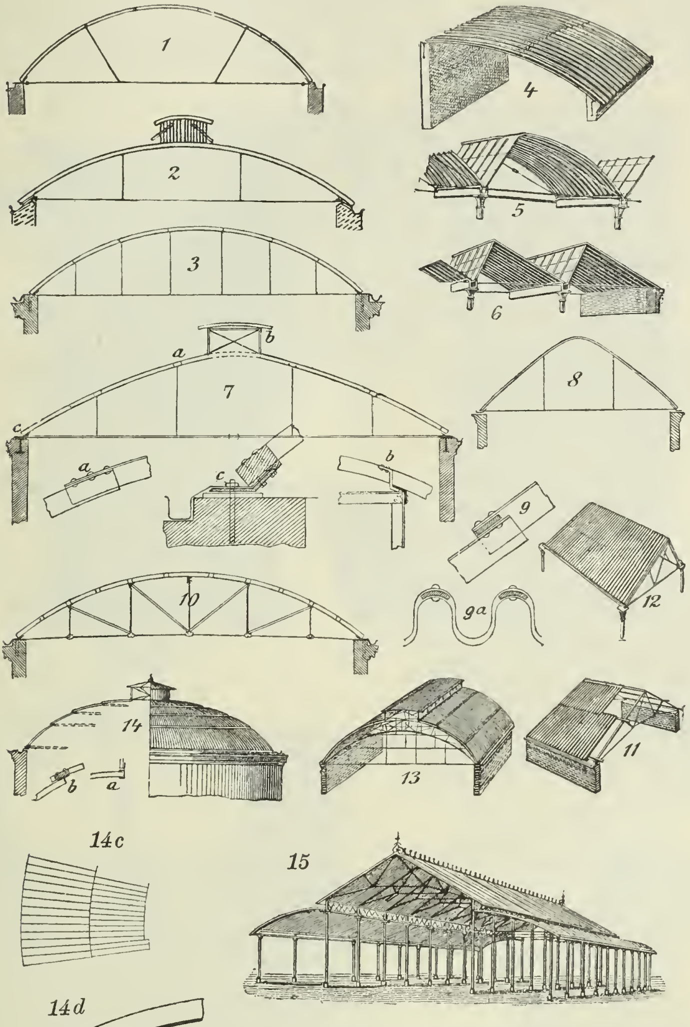
Auch das Fusslager ist in neuerer Zeit wesentlich verbessert worden und zwar indem man dasselbe als ⊏ Eisen ausbildete, welches das Fussende umfasst; um Beschlagwasser abzuleiten, müsste aber der Steg des ⊏ Eisens in jeder Welle durchbohrt werden.

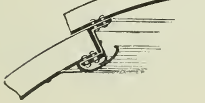
Einige jetzt allgemein gewordene Auflagerungsarten wurden bereits in Fig. 1608—1612, S. 704 und 1628, S. 706 dargestellt. (Vergl. auch Fig. 1480 b, S. 624.)

Auch Kuppeldächer, No. 14, von bedeutender Spannweite (bis zu 25 ^{m}) sind aus Trägerwellblech ohne weitere tragende Zwischen-Konstruktion gebaut worden, indem man das Blech an dem oberen Stoss raffte (zusammenquetschte), No. 14c, und es also wie Gewölbestücke zwischen Ringe von T oder ⅂_ Form einspannte, No. 14d. Da die Z Eisen sich nicht leicht in die konische Ringform biegen liessen, wurden dieselben aus zwei vernieteten ⅃⌐ Eisen hergestellt.

Diese Ringformen waren jedoch der Ableitung des Schwitzwassers nach aussen nicht günstig und man ordnete deshalb eine kleine Rinne, No. 14d, an, von

Fig. 1643. Dächer in Wellblechkonstruktion.





welcher ausgehend, kleine Stichröhrchen das Schwitzwasser an die äussere Dachfläche abgeben.

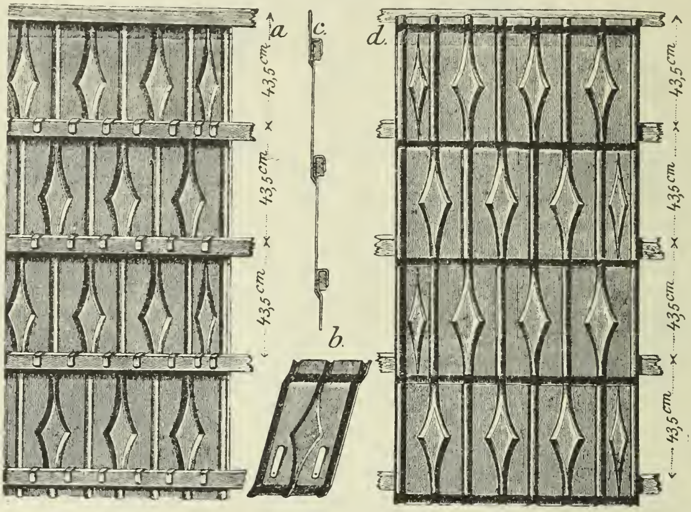
No. 15 zeigt eine häufigere Anordnung, wobei eine grössere Mittelhalle von Polonceau-Bindern mit geraden Trägerwellblechen, die Nebenschiffe mit gebogenen Blechen — ohne Stuhl — überdeckt sind.

Als selbstverständlich dürfte anzusehen sein, dass die früher mitgetheilten Verbindungs- und Anschlussweisen auch für Dächer der vorliegenden Art Giltigkeit haben.

δ. Deckung mit verzinkten Formblechen.

Verschiedenerlei Gründe, von denen hier nur der umständliche Schornstein-, Dachfenster-, Grat- und Kehlenanschluss und das den Maasstab störende grosse Schema genannt seien, lassen die Wellblechdeckung für kleinere Dächer weniger empfehlenswerth erscheinen. Man wird dann, entsprechend den Zinkdächern, zu Pfannenblechen, Pfannen, Rauten oder Dachschiefern aus verzinktem Eisenblech greifen. Die meisten derartigen Systeme verwenden zur Befestigung der Bleche an den Latten Haften, vergl. Fig. 1644, die an der Unterseite der Bleche an-

Fig. 1644 a—d.



Rückansicht. Rückseite. Vorderansicht.

Fig. 1645.

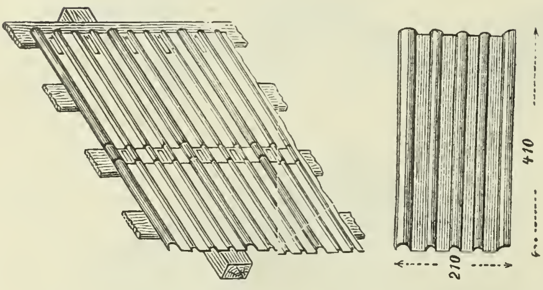
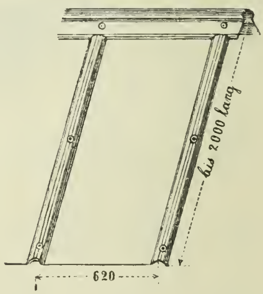


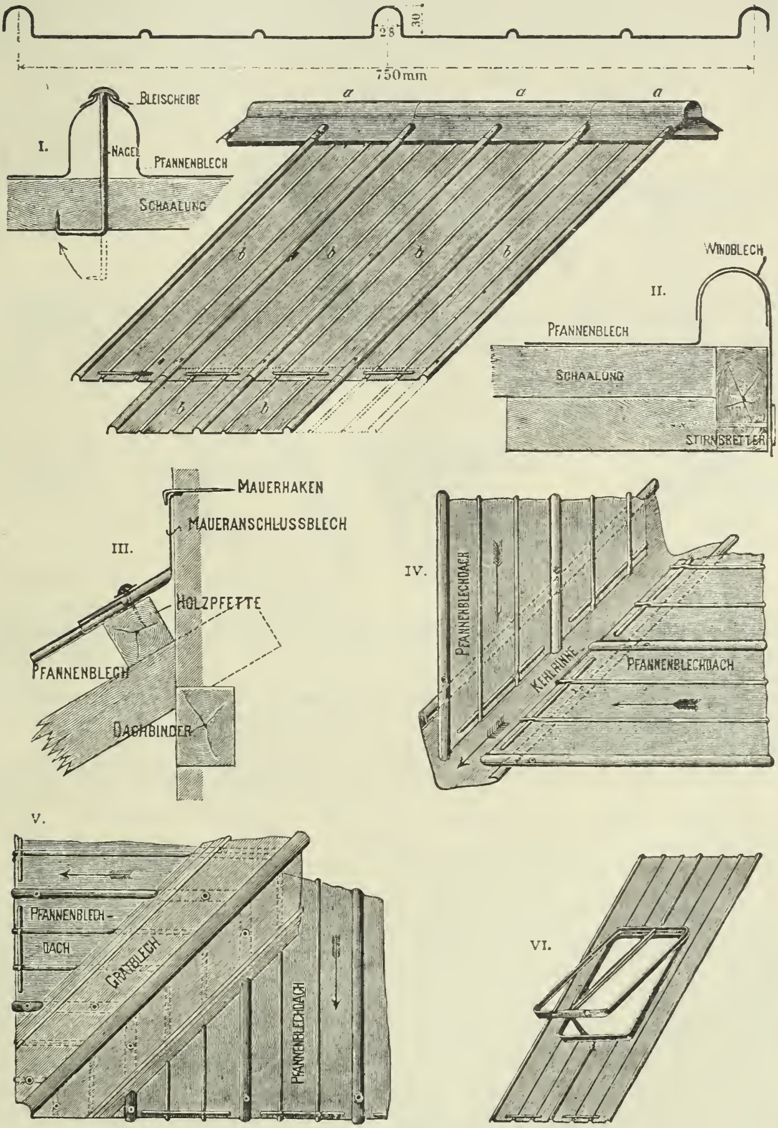
Fig. 1646.



genietet sind und um die unter dem unteren Rand des Bleches liegende Dachlatte herumgebogen werden. Die Hafte kann an der Latte festgenagelt werden, die Pfannen werden dann nicht genagelt. Die Eindeckung erfolgt von links nach rechts, mit je um die halbe Blechbreite versetzter Fuge, Fig. 1644a—d, System Bellino, oder in Bahnen, die von der Traufe bis zum First durchgehen, Fig. 1645 u. 1646, System Hilgers u. A. Jedenfalls greifen die benachbarten Bleche mit konkavem und konvexem Wulst seitlich übereinander und überdecken sich auch am oberen und unteren Rand. Die Art der Zusammenfügung, die für Regen-, Russ- und Schneedichtheit ausschlaggebend ist, entscheidet nächst der Befestigungs-Methode zumeist über die Güte des Systems. Einige Systeme befestigen die Bleche

nicht durch Haften, sondern durch Nagelung, die durch den Wulst erfolgt, wobei diese mittels Durchschlags von unten nach oben gelocht, der entstehende Bart belassen und in ein zwischen Blech und hohlem Nagelkopf eingelegtes Blei-

Fig. 1647 I—VI.



plättchen eingehämmert wird. In dieser Weise werden z. B. die Pfannenbleche der Siegener Verzinkerei, A.-G., Geisweid, Kreis Siegen, auf der verschalten oder auch nur mit 65—80 cm Weite gelatteten Dachfläche angebracht, vergl. Fig. 1647 I—VI. Ihre normale Länge ist 2 m, die ganze Pfanne besitzt

0,75 m, die halbe 0,375 m Deckbreite; die Stösse sind um halbe Pfannenbreite versetzt, überdecken sich je nach der Dachneigung um 10—20 cm und erhalten als Unterlage statt der Latte ein Brett. Die Lage der Pfannen erfolgt so, dass die überdeckende Welle, die nicht halbkreisförmigen, sondern bedeutend überhöhten Querschnitt hat, mit der herrschenden Windrichtung verläuft. Kehlen und Grate werden mittels besonderer Kehlrinnen und genau im entsprechenden Winkel gepressten Gratblechen, Fig. 1647 IV u. V, eingedeckt, auch zur Firsteindeckung werden besondere Bleche, mit Wellen- und Rippenansätzen genau

Fig. 1648.

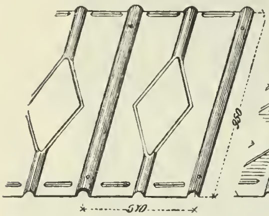


Fig. 1649.

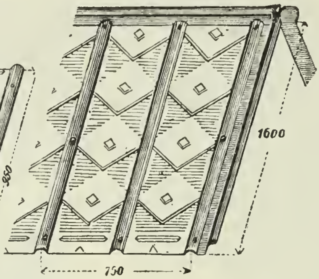


Fig. 1650 a.

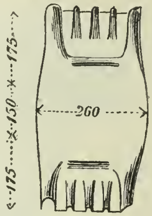


Fig. 1651.

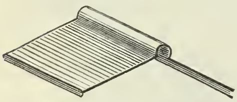


Fig. 1652.

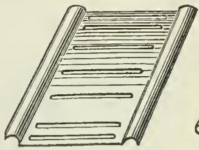


Fig. 1653.

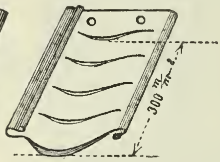
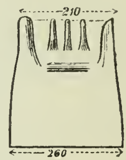


Fig. 1650 b.



passend, geliefert, Fig. 1647 I. Wo Dachflächen an senkrechte Mauern anstossen, werden besondere Anschlussbleche, Fig. 1647 III, verwendet. Im übrigen giebt nachstehende Tabelle Auskunft:

No. des verzinkten Bleches	Blechstärke in Millimeter, rd.	Gewicht f. 1 qm Pfannenblech rd.	Annäherndes Gewicht für 1 qm Dachfläche bei einer Ueberdeckung von			
			80 mm	100 mm	150 mm	200 mm
21	0,75	6,80 kg	7,20 kg	7,25 kg	7,40 kg	7,55 kg
22	0,62	5,65 „	6,00 „	6,05 „	6,15 „	6,30 „

Während bei vielen Decksystemen die Wellen und Rippen nur zum Anschluss an das Nachbarblech bezw. zur Verspannung und Versteifung dienen, suchte man bei anderen ein Mittel, grössere Abmessungen der Bleche mit einem kleineren Schema zu vereinigen; es bot sich durch Einpressen von erhabenen Mustern (Rauten, Rhomben u. dergl.) in die glatte Blechtafel, Fig. 1644, 1648, 1649, wodurch zugleich deren Steifigkeit vermehrt wird. Um der Schwierigkeit bei den Firsten, Graten und Kehlen besser Herr zu werden, werden zu einigen Systemen besondere Bleche, Fig. 1650 a und b, angefertigt und ein reichlich breites Firstblech, Fig. 1651, ist fast in allen Fällen erforderlich. Es kann aus verzinktem Eisenblech, mit beiderseits angefalzten Bleistreifen bestehen und wird mit verzinkten, mit Bleikappe verdeckten Nägeln befestigt.

Zum Anschlusse an Dachfenster und Luken werden meist Bleche von doppelter Breite geliefert; auch die zugehörigen Dachfenster und Luken werden von einigen Verzinkereien und Wellblechfabriken selbst hergestellt. Das nähere darüber ist in dem Kapitel von den Oberlichten zu finden.

Das Gewicht der Dachdeckungen mit verzinkten Formblechen schwankt zwischen $6\frac{1}{2}$ und 9 $^{\text{kg/qm}}$.

Ausser den bereits erwähnten Firmen: Schöller & Reinshagen in Schleiden (Eifel) mit dem System Bellino; Hilgers in Rheinbrohl; Siegener Verzinkerei, Geisweid, seien hier noch genannt: Nebeling & Co. in Remscheid, mit Formblechen von $205 \times 370^{\text{mm}}$ und $160 \times 270^{\text{mm}}$ (für Mansarden), sowie Grohmann & Frosch in Leipzig, mit Dachpfannen von 566 bezw. 850 $^{\text{mm}}$ Breite und 2000 $^{\text{mm}}$ Länge, mit 2 bezw. 3 Rippen.

Auch die rheinländischen Ziegelformen bilden einige Fabriken in verzinktem Eisenblech nach, z. B. Fig. 1652 (Hilgers); Fig. 1653 Buderus in Neuwied; Blechfalzziegel (Herm. Klehe & Söhne, Baden-Baden).

ε. Deckung mit emaillirten Formblechen.

Die Platten, Fig. 1654 ff., sind, ganz ähnlich denen aus Zink, nach Rautensystem gebildet, Fig. 1655—1657, und zwar in verschiedenartigen Mustern. Die

Fig. 1654.

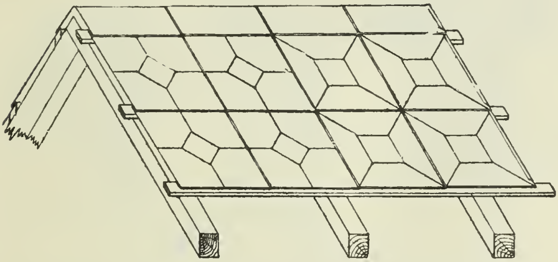


Fig. 1659 a.

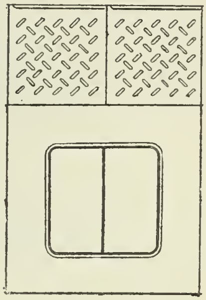


Fig. 1655.

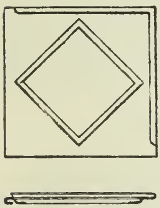


Fig. 1656.

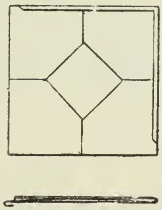


Fig. 1657.

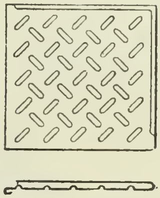


Fig. 1659 b.

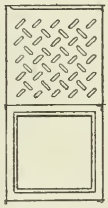
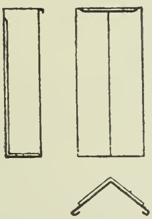


Fig. 1658.



First- und Anschlussplatten, Fig. 1658, werden auf Bestellung gefertigt; eine längere Bestellzeit ist nicht erforderlich. Das Gewicht beträgt auf 1 $^{\text{qm}}$ Deckung rd. 9 $^{\text{kg}}$. Die Eindeckung erfolgt mittels Hefthaken. Dachlichter und Luken können durch Verglasung, bezw. sich öffnende Rähmchen in einzelnen durchbrochenen Rauten, angebracht werden, Fig. 1659 b u. 1655, für grössere werden 4 Platten als einziges Stück mit dem erforderlichen Einsatzrahmen geliefert, Fig. 1659 a.

Bei sehr flachen Dachneigungen ist anzurathen, in die Falze vor der Deckung eine mit Mennige getränkte Hanfschnur einzulegen.

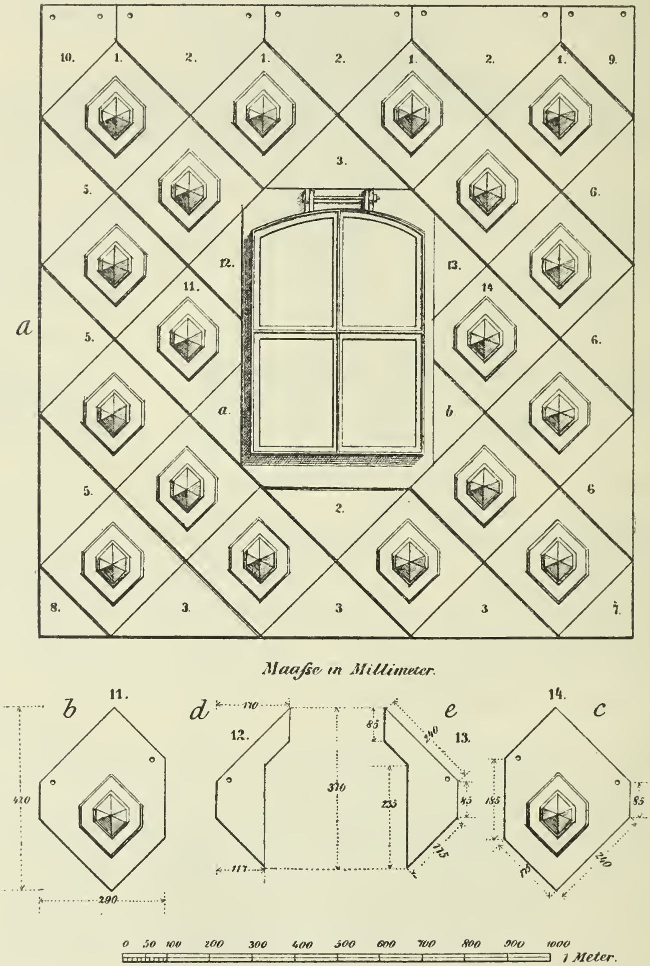
Die Platten werden vom Schwelmer Emaillirwerk geliefert, können aber auch von jedem gleichartigen Werk und nach den verschiedensten Mustern gefertigt werden (z. B. Bergmann's Industriewerke in Gaggenau, Baden).

Die Färbung kann nach Belieben hergestellt werden und zwar ebensowohl in glänzenden als stumpfen (matten) Tönen. Ohne blanke Glasur sind die Dächer nicht schwerer zu begehen als bei Schiefer- und Ziegel-Deckung.

f. Deckung mit emaillirten Gusseisenziegeln.

Die gebräuchlichste Form (Eisenwerk Gröditz) sind die sechseckigen Platten mit zwei Nagellöchern, glatt oder mit einer sechskantigen Erhöhung in der Mitte, Fig. 1660a—h. Die Eindeckung erfolgt in diagonalen Reihen, mit 65—70 mm Ueberdeckung. Dachort und Traufe sowie Firstschicht wird mit fünfeckigen bezw. trapezförmigen Platten gebildet, auch für Walmkanten und Kehlen werden

Fig. 1660a—e.



besondere Formen hergestellt. Ausserdem giebt es Platten mit gekröpftem Rand, Fig. 1660f, zu Anschlüssen an aufgehende Mauerflächen, sowie gerade, Y und + förmige First- und Walmdeckleisten aus Gusseisen, Fig. 1660g und h. Platten von 34 × 42 cm grösster Abmessung wiegen 1,7 kg; 1 qm wiegt etwa 28,5 kg.

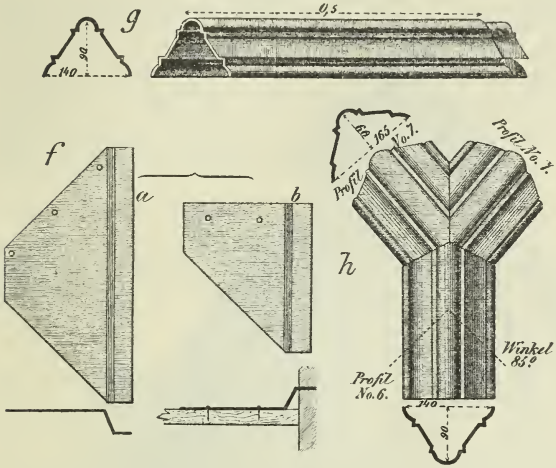
Derartige Dächer fordern fast keine Unterhaltung und sehen gefällig aus; ihre Dichtigkeit gegen Russ und Schneetreiben ist aber nur bedingt und das Abtropfen an der Innenseite ziemlich beträchtlich.

g. Kupferdeckung.

Kupferdeckung aus Blechen von 1 m Länge und 2 m Breite und 0,7—1,0 mm Stärke, für 1 qm 8—10 kg schwer, wird stets auf durchgehender Unterlage hergestellt. Anstatt einer Brettschalung können auch (wie bei der Kreuzkirche in Dresden) Monierplatten mit Verstärkungsleisten auf die Sparren gelegt werden. Die Haften, aus Kupferblech geschnitten, werden auf die Schalung genagelt (bezw. in den Stoss zweier Monierplatten eingelegt, wie die der Kupferdeckung der Kreuzkirche in Dresden entnommene Fig. 1661 darstellt). Bei Anwendung von Holzschalung werden sie in Abständen von etwa 33 cm angeordnet, auf der Holzschalung mit je zwei Kupfernägeln befestigt. Zur Bildung des Doppelfalzes wird an der einen Tafelseite der Rand um 5 cm an der anderen um 4 cm aufgebogen und zwar so, dass der höhere Rand nach der gewöhnlichen Leeseite übergreift. Die wagrechten Verbindungen werden ebenso gebildet; um ein zu dickes Auftragen der vierfachen Falzung (bei den Kreuzungsstellen) zu vermeiden, werden hier die Blechecken abgezwickt. Die senkrechten Falze bleiben in der Regel aufrecht stehen, Fig. 1662, die wagrechten werden selbstredend niedergehämmert, Fig. 1663. (Es dürfen nur Holzhämmer benutzt werden.) Als Beispiel einer reichen Ausführung mit Kupferdeckung sei die Kuppel des Ausstellungsgebäudes in Dresden in Fig. 1664 wiedergegeben. Bei kleineren Bauwerken wird die Falzbreite auch auf 3,5 bezw. 4,5 cm ermässigt. Die Berührung der Deckbleche oder Haften mit Eisentheilen, etwa des Dachstuhls, ist thunlichst zu vermeiden, wobei Zwischenlagen von Bleiblech gute Dienste leisten.

Fig. 1660 f–h.

Firstziegel No. 6.



Seitenziegel mit gekröpftem Rand. Walmziegel No. 8.

Fig. 1661.

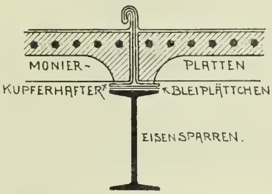


Fig. 1662.



Fig. 1663.



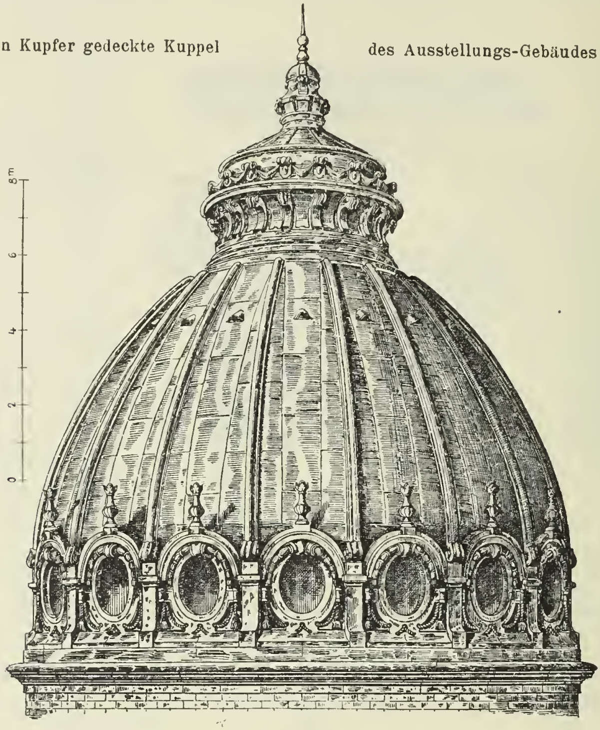
Die Eindeckung mit Kupfer gehört, wenn richtig ausgeführt, zu denen, die den Witterungseinflüssen am besten wiederstehen; die Ausführung setzt aber ein grosses Maass von Vorsicht, Erfahrung und technischem Geschick voraus und sollte nur bewährten Händen anvertraut werden. Wegen der erheblichen Preisschwankungen des Rohmaterials ist auch die Veranschlagung bei der Wahl des Unternehmers von einem gewissen Einflusse. Bei manchen Staats- und Gemeinde-Bauten besorgt der Bauherr die Anschaffung des Kupfers selbst.

h. Bleideckung.

Zur Bleideckung wurden in früherer Zeit (z. B. auf der Markuskirche in Venedig) gegossene Platten verwendet, heute sind nur noch gewalzte Bleche (Rollen) aus Weichblei von 1 m Breite und 1 oder 2 mm Stärke (für 1 qm 11,35

bezw. 22,70 kg) gebräuchlich. Als Eigenart erfordert die Bleideckung eine glatte Unterlage (gehobelte Schalung, Oelpapier-Belag der Steinplatten usw.), damit bei der Ausdehnung durch Wärme die nöthige Beweglichkeit vorhanden ist, weil sonst infolge des eigenen Gewichtes bezw. der Unbeweglichkeit des Materials Falten und Risse entstehen. Zu steileren Deckungen als $1:3^1/_2$ eignet es sich

Fig. 1664. In Kupfer gedeckte Kuppel des Ausstellungs-Gebäudes in Dresden.



überhaupt nicht, weil es sonst nach dem Warmwerden nicht ganz in die alte Lage zurückkehrt. Die Schalbretter sind in der Richtung der Dachneigung zu verlegen. Bei geringer Dachneigung, insbesondere bei begehbaren Flächen, können die Falze in den wagrechten Fugen wegbleiben; die Bleche überdecken sich hier einfach um 5 bis 6 cm, werden dicht zusammengehämmert und nöthigenfalls verlöthet. Die senkrechten Fugen können auf halbrunden Latten von 4 cm Breite mit verzinnten oder verbleiten Nägeln gebildet werden. Besser sind aber Umfalzungen von den, Fig. 1665 a—c, dargestellten Arten, wobei die untere Tafel ihre Nagelreihe durch einen umgelegten Streifen selbst überdeckt und die obere Tafel auf diesen Streifen angelöthet wird. Weil diese Falze stark auftragen, wird die Schalung bei begehbaren Flächen treppenartig angeordnet, zum besseren Schutz wohl auch rinnenartig in die Unterlage versenkt. In den romanischen Ländern werden die Stufen durch Gipsauftrag hergestellt und mit Oelpapier abgedeckt; auch in Deutschland legt man häufig Goudron-Papier unter die Bleibleche.

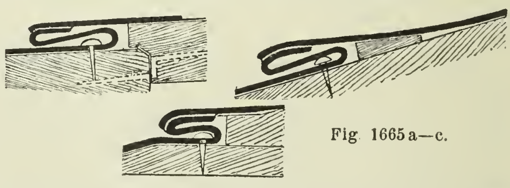


Fig. 1665 a—c.

Das Blei gilt mit Recht als ein monumentales Dachdeckungsmaterial, das auch neben anderer Dachdeckung für die Kehlen, kleinen windschiefen Flächen oder dergl. sowie in Küstengegenden häufig benutzt wird. Seine Verwendung zu solchen Zwecken setzt aber, wie die des Kupfers, Schulung und Erfahrung der Handwerker voraus, die auch bei sonstiger Gewohnheit mit Zinkblech umzugehen, noch nicht erworben wird. Auch hier darf nur mit Holzhämmern gearbeitet werden.

Eine Art von Bleideckung, namentlich von Terrassen, Plattformen, Balkonen usw., stellen die Siebel'schen (Düsseldorf-Rath) Bleiplatten mit beiderseitiger biegsamer Asphalt-Schutzschicht dar. Ist auch die eingelegte Bleitafel meist recht schwach (sie wird in 1, $1\frac{1}{2}$, 2 und 3 facher Stärke geliefert), so genügt sie in Verbindung mit den zähen Schutzschichten doch, um einem Wasserdruck von fast 20 Atm. zu widerstehen. Die Rollen werden in 1 m Breite und 15 m Länge geliefert; an den Rändern wird auf 2 bis 5 cm Breite Blei auf Blei gelegt und die vorher aufgebogenen unteren und oberen Schutzschichten werden, wie die Blätter eines Buches, mit Holzzement darüber geklebt.

i. Verkleidung von Aussenwänden in Metall.

In dem am häufigsten Fall, wo es sich um den Schutz einer Giebelwand gegen die Witterungseinflüsse handelt, werden zumeist Zinkbleche oder verzinkte Eisenbleche in Formen verwendet, die den bei der Dachdeckung beschriebenen

Fig. 1666.

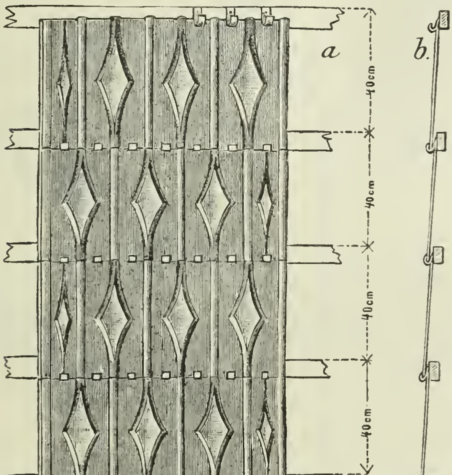


Fig. 1667.



1 Theil deckt 0,3 qm, kostet von Zink No. 12 = 1,70 Mk.

fast genau entsprechen. Diese Arbeiten sind daher an dieser Stelle mit besprochen. Die meisten Fabriken, die sich mit diesem Artikel befassen, stellen zu dem Zweck besondere Pfannen, Rauten und Schuppen aus schwächeren Blechsorten her. Das gilt z. B. von der Siegener Verzinkerei, deren Wandbekleidung namentlich bei Feldscheunen gern verwendet wird; ferner von den Metallplatten der Firma Nebeling & Co., die im Format von 16×27 cm aus Zinkblech No. 9 u. 10, oder aus verzinktem Eisenblech No. 25 u. 26 angefertigt werden; von dem System Bellino, das Schöller & Reinshagen zu 4 oder 11 Stück für 1 qm, etwa 7 kg schwer, nach Fig. 1666, liefern. Auch die an die zierlichen Spanschindeln erinnernden Schuppenbleche von E. Hahner in Dresden, von denen eines 0,3 qm deckt, Fig. 1667, gehören dazu.

Unterlage und Befestigung an der senkrechten Wand ist dieselbe wie auf der schrägen Dachfläche, weshalb etwa zu bekleidende Mauerflächen zunächst

mit angedübelten Unterlagelatten zu versehen sind, bei „Bellino“ z. B. mit 40 cm Entfernung von Oberkante zu Oberkante.

Die Josz'schen Wandverkleidungen (dünne Zinkbleche mit gefälliger, Fayenceähnlicher Musterung), haben keine konstruktive Bedeutung und werden zumeist nur an Innenseiten verwendet.

XIV. Dachrinnen aus Metall, einschliesslich der Abfallrohre und Gesimsabdeckungen.

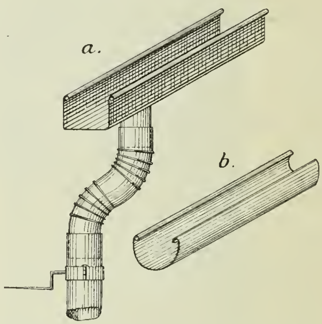
a. Allgemeines. Material Grösse, Form.

Eine gute Rinnenkonstruktion muss das von den Dachflächen abtropfende Wasser sammeln und derartig ableiten, dass weder die Gebäudefront noch die Umgebung des Gebäudes durch Traufwasser leiden. Es werden daher häufig besondere Vorkehrungen zu treffen sein, dass auch im Falle einer Undichtigkeit der Rinne oder deren Verstopfung nicht grössere Schäden eintreten können.

Eine ebenso grosse Sorgfalt ist dazu nöthig, die Konstruktion so einzurichten, dass weder der Einfluss heftiger Temperaturwechsel, noch die Gewalt des Windes, Verstopfungen durch abrutschenden Schnee, Beschädigungen der Dachdeckung oder Unvorsichtigkeiten der Dacharbeiter Beschädigungen der Rinne herbeiführen. Ausser diesen erschwerenden Rücksichtnahmen sollen aber auch die Rinnen behufs Revisionen, Prüfungen und Ausbesserungen ohne Gefahr für den Architekten oder den Bauhandwerker zugänglich sein und endlich wird häufig ein wirksamer Anschluss an die Blitzableitung gefordert.

1. Das gebräuchlichste Material ist Zinkblech, das nie schwächer als No. 13 dazu genommen werden sollte; bei Kupferdächern müssen, der galvanischen Einwirkungen wegen, auch die Rinnen aus Kupferblech (und zwar etwas stärker als die Dachbleche) hergestellt werden, während in anderen Fällen (z. B. beim magnetischen Observatorium in Potsdam) Rücksichten auf den Magnetismus dazu führen können, alle Metalltheile, sammt den Befestigungsnägeln, aus Kupfer zu machen. Rinnen aus 1 bis 1,5 mm starkem Eisenblech, die sich durch grosse Steifigkeit auszeichnen und auch in grösseren Stücken, als dies in Zinkblech möglich ist, geliefert werden können (4—6 m lang), werden erst nach dem Biegen verzinkt. Fig. 1668: Kastenrinne und halbrunde Rinne der Siegener Verzinkerei Geisweid. Die Stösse überdecken sich um 50 bis 60 mm und werden doppelreihig genietet und gelöthet; die Nietköpfe müssen durch Anstrich gegen das Rosten geschützt werden. Zum Ausschlagen von Rinnenkasten aus getheerten Brettern wird am besten Bleiblech, sonst auch Weissblech mit Mennigeanstrich verwendet; Bleirinnen können auch in Gips, mit Oelpapier-Zwischenlage, gebettet werden. Bleiblech dient namentlich in Küstengegenden, sowie als Hilfsmaterial bei den Abwässerungsanlagen.

Fig. 1668 a und b.



Endlich ist noch des Gusseisens als Material für Dachrinnen, namentlich bei Scheddächern, zu gedenken.

2. Grösse der Rinnen. In Nord- und Mitteldeutschland rechnet man gewöhnlich*) 0,8—1 qcm Rinnenquerschnitt auf 1 qm Dachgrundfläche und bei aufsaugenden (Holzzement) Dächern etwa 10 % weniger als hiernach erforderlich.

An Orten, welche von plötzlichen starken Regengüssen mit heftigen Winden (bei Wasserscheiden, Zusammentreffen von Flussthälern, an Küsten usw.) heimgesucht werden, wird ebensowohl eine Querschnittsvermehrung eintreten müssen, wie bei Dächern mit grösseren Kehlen, namentlich wo diese dem Wetterschlage

*) Vorschriften der preuss. Bauverwaltung vom 31. März 1887.

ausgesetzt sind, und es werden dann oft doppelt so grosse Abmessungen wie vor kaum genügen.

3. Die Breite der Rinnen soll (mit Ausnahme von solchen für unbedeutende Flächen) 15—25 cm und ihre Höhe an der Vorderkante mindestens 7 cm betragen.

4. Gefälle. Gewöhnlich wird ein Gefälle des Rinnenbodens von 0,8—1 cm auf 1 m freie Länge angewendet. Streng genommen ist dies nicht nöthig, aber es wird damit bezweckt, dass auch bei leichten Niederschlägen die Rinne sicher auftrocknet und Vogelexkremente usw., welche durch ihre ätzende Wirkung die Rinne beschädigen, leichter abfliessen, was namentlich bei frei hängenden Rinnen, deren Boden sich nach unten durchbiegen kann, von Bedeutung ist.

5. Formgebung. Die Querschnittsformen der Rinnen sind von so vielen Rücksichten abhängig, dass sich dafür keine festen Vorschriften geben lassen. Den geringsten Materialaufwand für dieselbe Querschnittfläche erfordert die Halbkreisform, Fig. 1669, welche gleichzeitig am leichtesten herzustellen und auch die widerstandsfähigste (angenäherter Parabelscheitel) ist. Fehlt die nöthige Höhe, so muss zu flachen Formen, Fig. 1670, gegriffen werden, wobei jedoch

Fig. 1669.

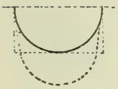


Fig. 1670.

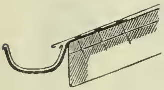


Fig. 1671.

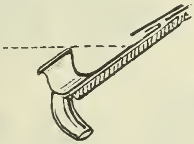


Fig 1672.

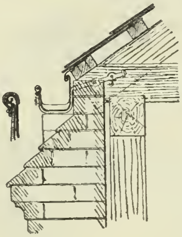
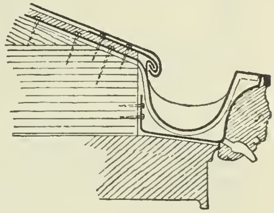


Fig. 1673.



scharfe Kanten am Boden zu vermeiden sind. Ist eine grössere Höhe möglich, so wird damit am wirksamsten dem Ueberstürzen entgegengewirkt und — bei verhältnissmässiger Enge — dem Betreten wie den Schneeverstopfungen.

Um das Zurücktreten des Wassers aus der Rinne nach der Dachseite zu verhüten, muss der Vorderrand derselben tiefer liegen als der Traufrand des Daches, bezw. die dachseitige Oberkante der Deckung, Fig. 1671. Beschädigungen durch abrutschenden Schnee werden, wo nicht besondere Vorkehrungen (Schneefänge) angeordnet sind, am leichtesten verhindert, wenn die Vorderkante der Rinne etwas tiefer bleibt als die verlängerte Dachneigung, Fig. 1672. Die in Fig. 1671 dargestellte Form ist nicht allein die aufwändigste im Material, sondern auch sehr empfindlich und flach wehende, einfallende Winde treiben das Wasser der Rinne unter die höher liegende Deckung, wenn nicht ein bedeutender Ueberschuss an Breite gegeben wird. Ausserdem wird bei steileren Dachneigungen die Geschwindigkeit des Zuflusses auf Uebersteigen wirken; auch in dieser Hinsicht sind die Formen Fig. 1670, 1672 und 1673 die zweckmässigeren.

Vielfach soll die Rinne in die Architektur einbezogen werden, indem man sie als Gesims oder als Attika wirken lässt. Oder auch, sie wird in ein Gesims gebettet, Fig. 1673, bezw. hinter einer Attika verdeckt angeordnet. Es sind dann architektonische Rücksichten maassgebend, welche zu ganz besonderen Maassnahmen zwingen, die sich nur an bezüglichen Beispielen erläutern lassen, namentlich, da es sich dabei gleichzeitig um Abdeckung der betr. Gesimse usw. handelt, oft auch mehrere Rinnen angewendet werden müssen.

Bei vielen Dachformen ist es nothwendig, dass die Rinne von Dacharbeitern begangen werde, da eine andere gesicherte Gangfläche nicht zu beschaffen ist.

Eine besondere Art der Rinne ist die zwischen zwei Satteldächern oder in den Kehlen von Scheddächern sich bildende.

b. Rinnen aus Blech.

Das Längenmaass der Dachrinnen aus Blech, von einem Abfallrohr bis zum nächsten, wird beschränkt durch die Rücksichtnahme auf die Verschiebungen, die zufolge Temperaturveränderungen eintreten. Es beträgt in der Regel nicht mehr als 15 m oder, wenn die Rinne von beiden Seiten nach dem in der Mitte gelegenen Rohr zu fällt: 30 m. Bei Scheddächern und in Ausnahmefällen, in welchen grössere Längen herzustellen sind, müssen besondere verschiebliche Zwischenverbindungen (Bleifalze) angebracht werden, auch ist dann die Höhe (oder Tiefe) der Rinne entsprechend zu vergrössern. Für die Temperaturschwankungen sind nicht die der Luft, sondern die der Be- und Ausstrahlung zugrunde zu legen, deren grösste Unterschiede für Nord- und Mitteldeutschland mindestens $+ 50^0$ und $- 25^0$ C. betragen, woraus sich für 1 m Zinkrinne bis zu 2,3 mm Verschiebung ergiebt; bei 15 m wird sie somit 34,5 mm betragen. Diesem Umstande ist auch bei allen Befestigungen und Verbindungen der Rinne Rechnung zu tragen.

Die Befestigung der seitlichen Rinnenränder geschieht daher nur durch Einhängen mittels schmaler befestigter Haften aus Blechstreifen. Die Ränder der letzteren sollen stets abgereift, gerundet sein, namentlich wenn dazu verzinktes Eisenblech bei Zink- oder gar Bleirinnen zur Verwendung kommt. Und zwar ist dies nöthig, um ein allmähliges Einschneiden der Haften in das Deckmaterial zu verhüten.

Die Vordeckstreifen des Daches, in welche die Rinnen eingehakt werden, müssen, wenn verlöthet, ebenfalls in ganzer Länge verschieblich sein. Werden sie an das Dach genagelt, so darf dies nicht in längeren Stücken geschehen als etwa 1 m. Oder sie müssen mit länglichen Nagellöchern versehen sein, welche mit Ueberschiebe-Plättchen überdeckt werden — und diese mit Löthkappen, falls die Ueberdeckung sie nicht deckt, Fig. 1674 (siehe Bemerkungen zu den späteren Figuren 1693—1696).

Fig. 1674.



Fig. 1675.

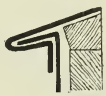


Fig. 1676.



Fig. 1677.



Fig. 1678.



1679.



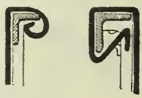
1680.



1681.



1682 a und b.



Die Vorkantung der Vordeckstreifen ist früher oft durch scharfe Einkantung und Abkantung bewerkstelligt worden, Fig. 1675. Dies hat sich nur bewährt wenn dieselbe nach Fig. 1676 sehr steil war, also der untere Schenkel nicht ausweichen konnte; aber diese Verbindung hat sich als unhaltbar gezeigt, wenn sie nach Fig. 1677 gebildet war — wie ja überhaupt nicht anders zu erwarten ist. Zweckmässiger und zuverlässig ist die Scharfeinkantung mit Wulst, Fig. 1678.

Auch ist bei frei stehenden Rinnen die äussere Säumung oft in ähnlicher Weise durch scharfe und rechteckige Abkantung, Fig. 1679, hergestellt worden; natürlich konnte ein solcher Rinnenrand bei Sturm nicht widerstehen. Man wendet deshalb auch dafür stets den Wulst nach Fig. 1680 an; oder man legt einen dünnen Eisenrundstab, Fig. 1681, ein, wenn es nicht erforderlich wird, ein ⌊ Eisen zu benutzen, Fig. 1682 a und b. (Die Rostbildung ist aber dabei sehr zu befürchten).

Wo zwei Rinnenläufe mit ihrem Scheitel zusammen stehen, sind dieselben mit einem „Kamm" zu versehen, Fig. 1683, welcher den nöthigen Spielraum für die beiderseitige gesammte Längenänderung belässt. Das wird oft auch nöthig, wenn lange Läufe am Abfallrohr zusammenstossen, Fig. 1684. Damit das Traufwasser in Breite dieses Kammes (bei langen Rinnen oft einschliesslich der Falze etwa 10 cm) nicht überschiesse, wird zuweilen ein Rücken darauf gelöthet, welcher das Wasser nach der Rinne leitet.

Die oben angeführte bewegliche Bleifalz-Verbindung ist in Fig. 1685 im Längsschnitt dargestellt; daraus ist zu ersehen, dass eine sorgfältige Bettung nöthig ist. Auch ist erforderlich, dass der Boden des oberen Rinnenstückes über den

Bleifalz überschiesse, um Beschädigungen bei ungeschickter Vornahme von Schneeräumungs-Arbeiten zu verhüten. Um dies ausführen zu können, kann der Falz nur allmählig in die hier gezeichnete Lage niedergedrückt werden.

Wird es nöthig, eine Rinne hinter gemauertem oder hölzernem oder einem sonstigen Gesimse vertieft anzulegen, so muss der vordere Rinnenrand nach aussen umgefalzt werden, wie Fig. 1714 a (S. 729) zeigt, wenn es nicht möglich ist, den äusseren Deckstreifen mit der Rinne aus einem Stück herzustellen. Sollte dies unausführbar sein und so bei einem Uebertreten der Rinne Wasser durch den Aussenfalz in den Rinnkasten Eintritt gewinnen können, so bleibt nichts übrig, als den Rinnenboden zu verdoppeln und durch genügend weite Abflussöffnungen das eingedrungene Wasser rasch wieder nach aussen abzuleiten, Fig. 1673, S. 719, 1687, 1709, 1710 (S. 728) usw.

Bei Kehlrinnen wird dem Uebertreten durch grosse Abmessungen und Nothauslässe am Kopfende (Wasserspeier) entgegen gewirkt. —

Fig. 1683.

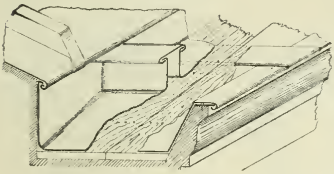


Fig. 1684.

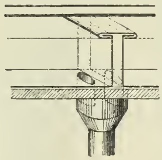


Fig. 1685.



Fig. 1686.

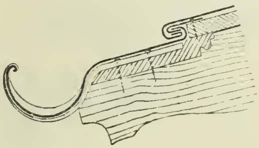


Fig. 1687.

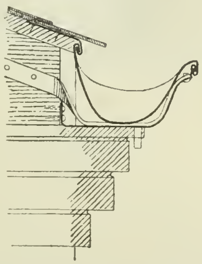


Fig. 1688.

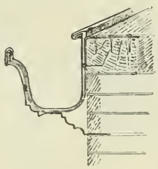


Fig. 1689.

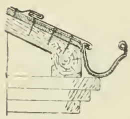
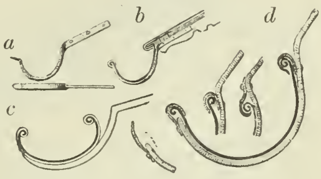


Fig. 1690.



Lagerung und Befestigung. Sogenannte flache Rinnen von Halbkreis- bis Trogform, werden in kleineren Abmessungen durch einfache Rinneisen befestigt. Liegen dieselben „auf Dach" nach Fig. 1671, so fallen sie aus unserer Betrachtung aus, da sie zur Dachdeckerarbeit gehören.

Vorgehängte flache Rinnen oder Rinnen in Kastenform, Fig. 1686 bis 1689 usw., werden bei vortretenden Dächern, oder wenn ein stützendes Gesims nicht vorhanden ist, oder nicht benutzt werden soll, lediglich in Rinneisen verlegt. Das sind Flacheisen von 8—10 ^{mm} Stärke und 2—2,5 ^{cm} Breite, welche auf die Schalung, bezw. bei Lattendeckung auf Aufschieblinge und durch diese in die Sparren eingreifend verschraubt werden. Bei empfindlicher Deckung sind dieselben in die Schalung usw. einzulassen und die Schraubenköpfe zu versenken. Das äussere Ende wird bei diesen um den mit Innenwulst gebildeten Rinnenrand umgebogen, während der Traufrand an der Vordeckung eingehängt wird, Fig. 1687. Anstatt des Aufschraubens kann unter Umständen, wie dieselbe Figur darstellt, das Rinneisen seitlich an den Sparren geschraubt werden.

Solche Rinneisen sind wenigstens auf jedem Sparren anzubringen und sollen, wenn die Theilungsweite der letzteren 80 ^{cm} übersteigt, auch im Zwischenraum auf hinreichend kräftigen Langaufschieblingen von mindestens 6 ^{cm} Stärke befestigt werden, niemals aber auf Hirnholz noch auf Stirnbrettern, welche auf den Sparren-

enden befestigt sind, es müssten diese denn etwa aus besonders festem Holz bestehen und in ihrer eignen Befestigung bestimmt gesichert sein.

Falls eine Vordeckung der Dachfläche fehlt sowie auch, um mittels derselben Rinneisen (also ohne Wechsel der Grundform) das Rinnengefälle herzustellen, werden solche mit „Federn" versehen: angenieteten Blechstreifen, nach Fig. 1690 a—d, welche also Haften bilden. Oder es werden die Rinneisen mit durchgehend eingelötheten starken Blechstreifen versehen, Fig. 1690 c, welche der Rinne ein gesichertes Bett bieten.

An besonders durch Sturmwinde bedrohten Stellen wird (namentlich bei breiteren Rinnen) unterseitig noch eine Schlaufe, ähnlich wie Fig. 1691 b, welche der Längenausdehnung Spielraum lässt, das Rinneisen umschlingend, unter die Rinne gelöthet.

Die in Nordamerika gebräuchlichen Formen von Rinneisen sind in Fig. 1692 dargestellt. Das eigentliche Rinneisen bildet hier einen Theil für sich, der mittels Schräubchen *e* an einem Haltereisen befestigt wird, das nach *a*, *b*, *c*

Fig. 1691 a und b.

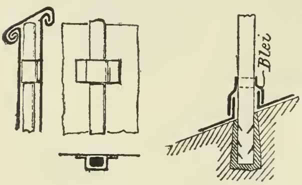


Fig. 1692.

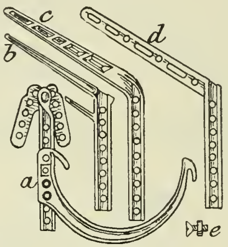


Fig. 1693.

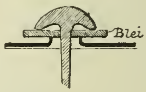


Fig. 1695.



Fig. 1694.

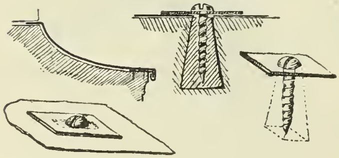
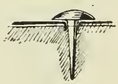
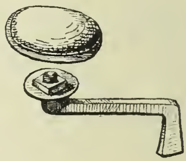


Fig. 1696.





oder *d* gestaltet einen drehbaren Flügel, oder zwei Spitzen (zum Einschlagen in den Sparrenkopf von oben und von vorn), oder einen Schenkel enthält, der von oben bezw. der Seite fest genagelt oder geschraubt wird. Das System ist aus dem für den amerikanischen Architekten maassgebenden Bestreben hervorgegangen, alle besonderen Anfertigungen für einen einzelnen Bau thunlichst zu ersparen.

Freihängende Rinnen sollen zwar nicht betreten werden; doch wird bei steileren Dächern es dem Dacharbeiter kaum möglich sein, dies zu vermeiden, um einen gewissen Noth-Stützpunkt zu finden. Dem Rechnung tragend werden Zwischenweiten für die Rinneisen über 60 cm nicht zulässig erachtet und es möchte auch im Interesse der baulichen Sicherheit dieses Maass nicht zu überschreiten sein, wenn nicht besonders grosse Blechstärken gewählt werden.

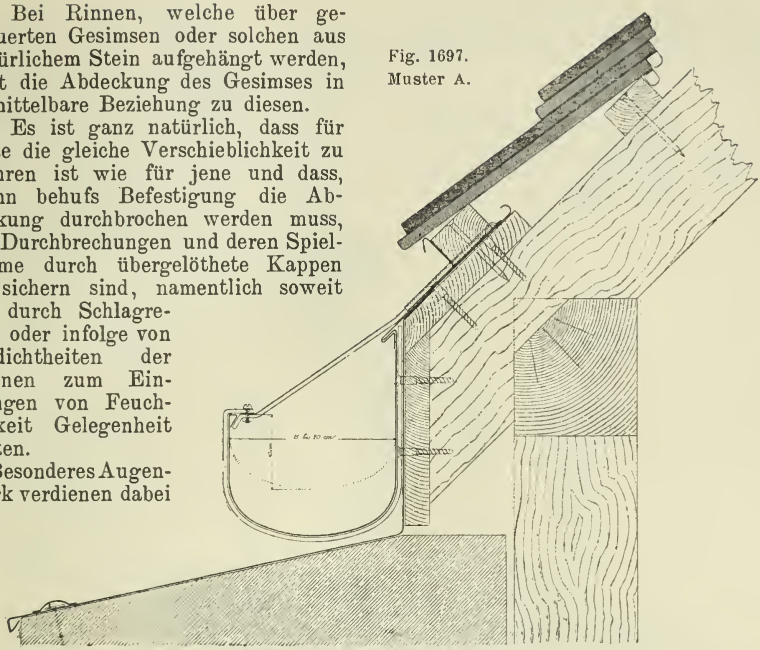
Werden solche Rinnen sehr breit, so bedürfen sie entweder einer äusseren Stütze, oder es wird der äussere Rand mit einem Bügel an das Dach angehängt (s. Fig. 1697).

Die äussere Stütze wird dann aber sich von selbst bieten, wenn frei vorhängende Rinnen eine äussere Zier- und Schutzverkleidung mit geraden oder gewellten Blechen erhalten. Fig. 1691 a und b geben die zweckmässigste Art der Befestigung solcher Stützen, wobei die kragenartigen Ueberkröpfungen aus Blei aufgelöthet sind; die Steifstellung und Verschieblichkeit der Bleche ist durch die zwischengelötheten Schlaufen hergestellt. Ausserdem bleibt aber auch die Möglichkeit, unter jedem Rinneisen eine eiserne Schrägstütze gegen die Gebäudeumfassung anzubringen, ein Motiv, das in der Barockzeit zur Entstehung der kunstreichen geschmiedeten Rinnenstützeisen Veranlassung gegeben hat.

Bei Rinnen, welche über gemauerten Gesimsen oder solchen aus natürlichem Stein aufgehängt werden, tritt die Abdeckung des Gesimses in unmittelbare Beziehung zu diesen.

Es ist ganz natürlich, dass für diese die gleiche Verschieblichkeit zu wahren ist wie für jene und dass, wenn behufs Befestigung die Abdeckung durchbrochen werden muss, die Durchbrechungen und deren Spielräume durch übergelöthete Kappen zu sichern sind, namentlich soweit sie durch Schlagregen oder infolge von Undichtheiten der Rinnen zum Eindringen von Feuchtigkeit Gelegenheit bieten.

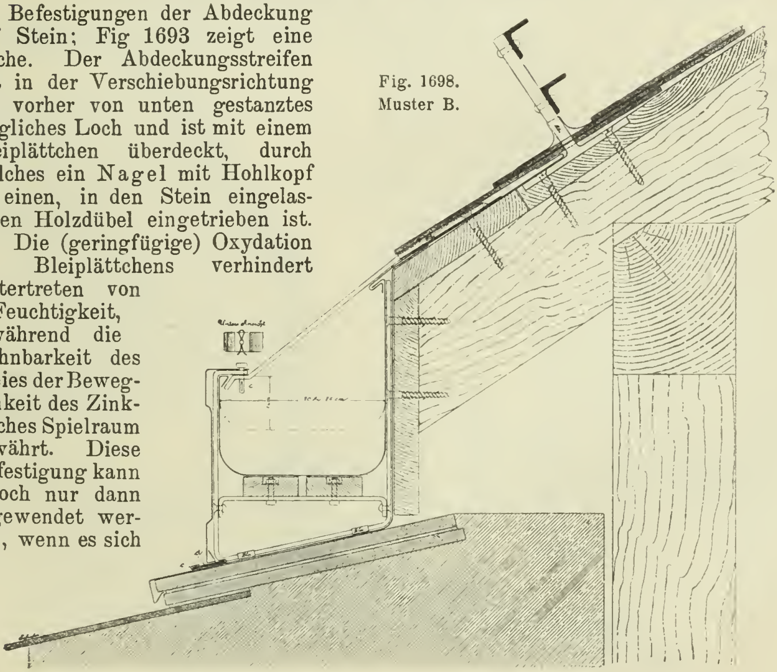
Fig. 1697.
Muster A.



Besonderes Augenmerk verdienen dabei die Befestigungen der Abdeckung auf Stein; Fig 1693 zeigt eine solche. Der Abdeckungsstreifen hat in der Verschiebungsrichtung ein vorher von unten gestanztes längliches Loch und ist mit einem Bleiplättchen überdeckt, durch welches ein Nagel mit Hohlkopf in einen, in den Stein eingelassenen Holzdübel eingetrieben ist.

Die (geringfügige) Oxydation des Bleiplättchens verhindert Untertreten von Feuchtigkeit, während die Dehnbarkeit des Bleies der Beweglichkeit des Zinkbleches Spielraum gewährt. Diese Befestigung kann jedoch nur dann angewendet werden, wenn es sich

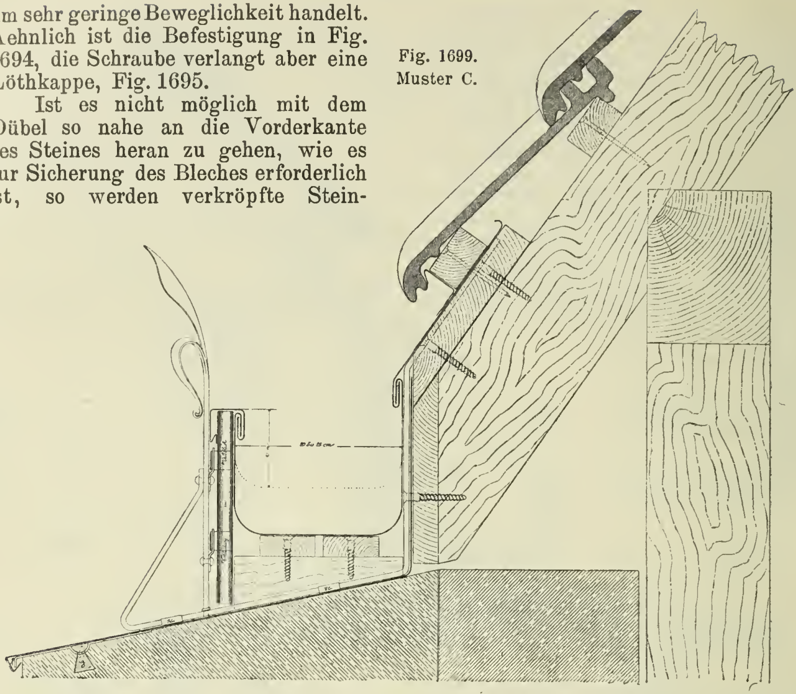
Fig. 1698.
Muster B.



um sehr geringe Beweglichkeit handelt. Aehnlich ist die Befestigung in Fig. 1694, die Schraube verlangt aber eine Löthkappe, Fig. 1695.

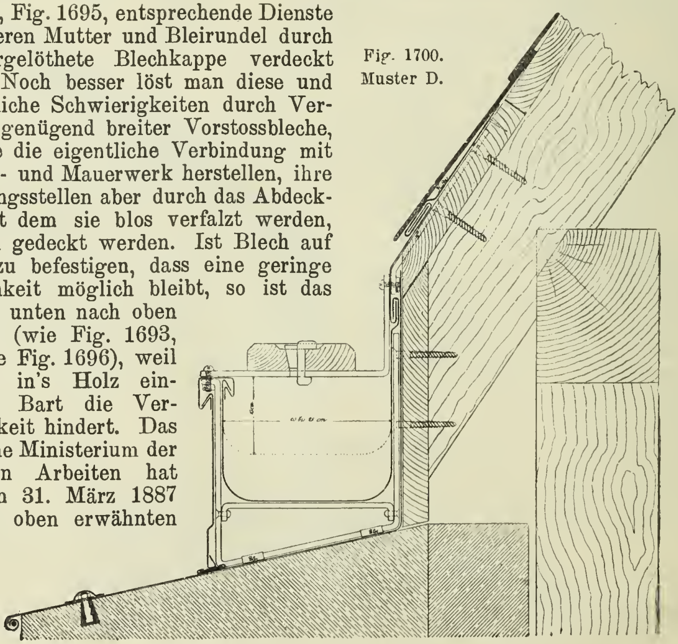
Ist es nicht möglich mit dem Dübel so nahe an die Vorderkante des Steines heran zu gehen, wie es zur Sicherung des Bleches erforderlich ist, so werden verkröpfte Stein-

Fig. 1699. Muster C.



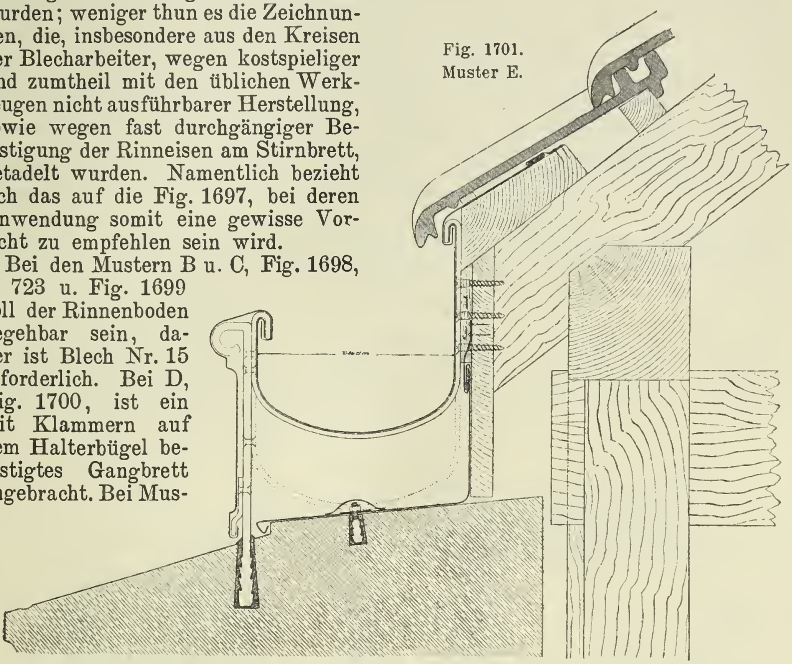
schrauben, Fig. 1695, entsprechende Dienste leisten, deren Mutter und Bleirundel durch eine übergelöthete Blechkappe verdeckt werden. Noch besser löst man diese und viele ähnliche Schwierigkeiten durch Verwendung genügend breiter Vorstossbleche, weil diese die eigentliche Verbindung mit dem Stein- und Mauerwerk herstellen, ihre Befestigungsstellen aber durch das Abdeckblech, mit dem sie blos verfalzt werden, vorzüglich gedeckt werden. Ist Blech auf Holz so zu befestigen, dass eine geringe Beweglichkeit möglich bleibt, so ist das Blech von unten nach oben zu lochen (wie Fig. 1693, nicht wie Fig. 1696), weil sonst der in's Holz eindringende Bart die Verschieblichkeit hindert. Das Preussische Ministerium der öffentlichen Arbeiten hat unter dem 31. März 1887 die schon oben erwähnten

Fig. 1700. Muster D.



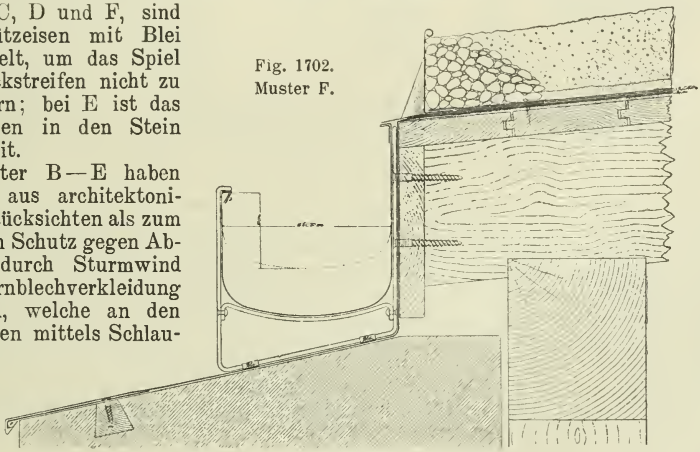
eingehenden Normal-Bestimmungen für die Konstruktion von Dachrinnen*) erlassen und durch Konstruktionszeichnungen weiter erläutert. Diese Bestimmungen entsprechen den Gesichtspunkten, die in vorstehenden Ausführungen als maassgebend bezeichnet wurden; weniger thun es die Zeichnungen, die, insbesondere aus den Kreisen der Blecharbeiter, wegen kostspieliger und zumtheil mit den üblichen Werkzeugen nicht ausführbarer Herstellung, sowie wegen fast durchgängiger Befestigung der Rinneisen am Stirnbrett, getadelt wurden. Namentlich bezieht sich das auf die Fig. 1697, bei deren Anwendung somit eine gewisse Vorsicht zu empfehlen sein wird.

Fig. 1701. Muster E.



Bei den Mustern B u. C, Fig. 1698, S. 723 u. Fig. 1699 soll der Rinnenboden begehbar sein, daher ist Blech Nr. 15 erforderlich. Bei D, Fig. 1700, ist ein mit Klammern auf dem Halterbügel befestigtes Gangbrett angebracht. Bei Muster B, C, D und F, sind die Stützeisen mit Blei umwickelt, um das Spiel der Deckstreifen nicht zu behindern; bei E ist das Stützeisen in den Stein eingebleit.

Fig. 1702. Muster F.



Muster B—E haben sowohl aus architektonischen Rücksichten als zum besseren Schutz gegen Abheben durch Sturmwind eine Stirnblechverkleidung erhalten, welche an den Stützeisen mittels Schlaufen befestigt ist; diese Verkleidung besteht bei C aus Wellblech.

Bei B ist das Gesims mit Schiefer abgedeckt und hat deshalb keine Metalldeckung, während eine solche bei den übrigen Mustern angewandt ist, mit Aus-

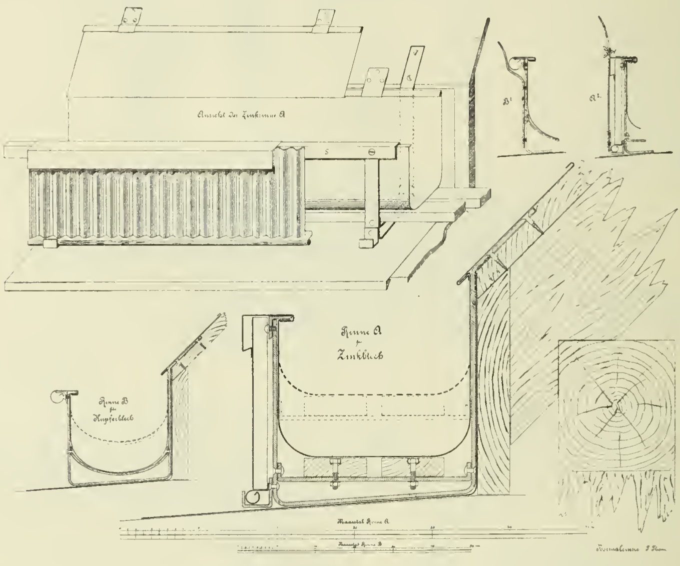
*) Verlag von Ernst & Sohn in Berlin.

nahme von E, Fig. 1701, bei welcher das Gesims aus undurchlässigem Stein bestehen soll. Die Gesimsdeckung ist bei A durch einen (in das Backsteingesims) eingemauerten Nagel mit Knebel und übergelötheter Deckkappe, bei C mittels eines Haftes niedergehalten, der im Stein durch Bleidübel befestigt ist. Bei D und E sind zu gleichem Zweck Steinkloben mit Kappe, bei F eine in Holzdübel greifende Schraube mit Haften verwendet. Bei D ist das Deckblech an der Vorderkante durch einen in den Wulst eingelassenen Draht verstärkt. (vergl. Fig. 1681 u. 1682.)

Noch ist zu bemerken, dass bei der Konstruktion D, auch wenn ein Halbkreisbogen angewandt würde, das untere Rinneisen vortheilhaft durch untergelöthete (wellenförmige) Streifen ersetzt werden könnte; die grossen Schwierigkeiten bei Abrichtung des Gefälles fielen damit hinweg.

In Fig. 1703 ist eine Rinnenkonstruktion von P. Thom in Berlin für Zinkblech bezw. Kupferblech dargestellt, welche vielfach Anwendung auch bei Monumentalbauten gefunden hat und den vorgenannten Bedenken gegen die preussischen Normalrinnen Rechnung tragen will. Es sind dabei zwei Punkte wesentlich, nämlich dass erstens die gesammte Befestigung nur auf der Dach-

Fig. 1703. Rinnenkonstruktion von P. Thom.



fläche unter dem Vorstossblech und nicht auch am Stirnbrett stattfindet und vor allem, dass sämmtliche Rinneisen durch ein durchlaufendes Versteifungs-Winkeleisen gefasst sind, sodass die Rinne gegen mechanische Verbiegungen, also beim Betreten und durch Schneedruck sicherer geschützt ist. Es fällt dann auch die Nothwendigkeit von Querspreizen weg, wodurch die Rinne leichter begehbar und besser zu reinigen ist. Bei der Einhängung der Rinne einerseits am Vorstossblech, andererseits an den Rinneisen, ist auf möglichste Einfachheit der Falzungen Werth gelegt. Die verdeckende Attika, falls eine solche überhaupt angeordnet wird, ist so konstruirt, dass sie möglichst leicht entfernt werden kann, um undichte Stellen an den Rinnen aufzufinden und Reparaturen auszuführen. Fig. A zeigt diese Ausführung für Zinkblech, A¹ für den Fall, dass die Rinne noch dekorirt werden soll. Fig. B stellt die Ausführung in Kupfer dar. Die Lauflatten, welche den Zinkrinnen die nöthige Steifigkeit gegen Betreten geben, falls man die Rinneisen nicht sehr dicht anordnen will, können hier in Wegfall kommen, mit Rücksicht auf die grössere Elastizität des Materiales der Rinne. Auch die verdeckende Attika, die immerhin für die Kontrolle der Rinnen und

ihre Unterhaltung von Nachtheil ist, fällt bei Kupferrinnen meist weg. Die Versteifung der Rinnenvorderkante durch das durchlaufende ∟ Eisen ist dagegen beibehalten. Die Rinnenform ist mehr elliptisch als beim Zink, da sich die bei Kupfer schwierigere Falzbildung an den Querstössen dann leichter ausführen lässt.

Bei den meisten Rinnenkonstruktionen ist das Stirnbrett der schwächste Punkt, obgleich doch gerade hier am wenigsten gespart werden sollte. Fig. 1704 zeigt eine Anordnung, bei der an die Rinneisen vorn aufrecht stehende Stützeisen angeschweisst oder angenietet sind, welche, ohne die Abdeckung zu durchlochen, die nöthige Stand- und Tragfähigkeit vereinigen und die auch das in Falze eingeschobene dekorirte Verkleidungsblech in sicherer Weise festhalten. Das Verkleidungsblech an den Sparrenköpfen ist, um seine Beweglichkeit zu bewahren, nur an einer Seite genagelt und wird an der anderen durch verdeckte Haften des Nachbarbleches festgehalten.

Einige häufiger ausgeführte Rinnenformen sind folgende:

Fig. 1672 (Seite 719) zeigt eine vorgehängte Rinne über einem mit Formsteinen abgedeckten Backsteingesims mittelalterlicher Anordnung, bei welcher die Rinne ihre Lagerung auf einzelnen Mauerpfeilerchen findet, wie dies dem Charakter des Bauwerkes entspricht.

Hieran schliesst sich, Fig. 1705, eine Rinne aus Eisenblech mit eingehängter Zinkrinne: dieselbe lässt sich imganzen ausheben, um den inneren Anstrich zu erneuern; ausserdem ist an der Vorderkante durch entsprechende Durchbohrungen für Abführung des Schwitzwassers gesorgt. Anstelle des Anstriches würden die Eisenbleche besser eine Verzinkung erhalten.

Fig. 1704.

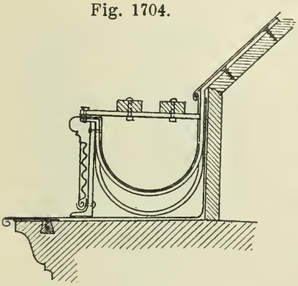


Fig. 1705.

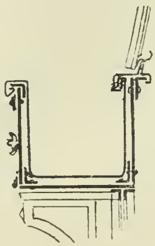


Fig. 1706.

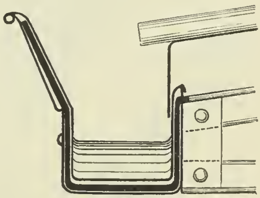


Fig. 1706 stellt die Rinnen eines frei vorhängenden Vordaches (einer Eisenbahnhalle) dar, welche mit Wellblech gedeckt ist; ein unter letzteres gelöthetes Schutzblech verhindert das Eintreiben von Schnee und Traufwasser. Die Verdoppelung der Rinne ist im ornamentalen Interesse geschehen; doch ist damit die Untersuchung bezw. der Unterhalt durch Anstrich der Rinneisen sehr erschwert, wie auch bei Ueberfüllung der Rinne der Rücktritt des Wassers nach der Halle unvermeidlich, wenn nicht Nothauslässe angebracht werden.

Fig. 1707 soll ein Bild geben, wie auf Holzaufschieblingen Rinnen an Eisenbauten zu befestigen sind. Dekorativ ist das Untergesims aus gestanztem Zink auf die hölzerne Kehle aufgelegt, während die Rinne in einem gewöhnlichen Rinneisen aufgehängt ist. Modernen Anschauungen ist das aber wenig entsprechend.

Rinnen in überstehenden Holzdächern. Fig. 1708 zeigt eine solche als Gesims gebildet auf geschaltem Sparrendach mit Stirnbrett. Die eigentliche Bettung bildet hier jedoch das Rinneisen. Die Ueberfalzung der Vorderkante ist sehr zweckmässig angeordnet, um Zurücktreten des Wassers zu verhüten.

Fig. 1709 zeigt die Rinne eines Daches mit überhängenden Sparrenköpfen. Das Rinnbrett wird hier durch den aufgebolzten Aufschiebling und das Stirnbrett gebildet, welches noch durch seitlich an die Sparren geschraubte Rinneisen und ∟ Eisen gesichert ist; eine weitere Bettung ist hier nicht angewendet. Etwa nach innen übertretendes Wasser findet leichten Abfluss in den Bohrungen des ∟ Eisens und der Dachschalung.

Aehnlich ist die Rinne, Fig. 1710, gestaltet, welche sich hinter einem Terrakotta-Gesims birgt. Um genügende Höhe zu gewinnen und gleichzeitig „den Schuss“ von Wasser und Schnee zu brechen, auch dem Arbeiter einen geeigneten Gang zu bieten, ist der überschalte, mit Zink eingedeckte Aufschiebling angeordnet. Die Holzbettung ist mit Zink verdoppelt, um zwischen Zink und Terrakotta etwa eindringendes Wasser am unteren Rande unschädlich abfliessen zu lassen.

Fig. 1711a und b stellen die Befestigung der Sima und der Vordeckung in einem aus Holz gebildeten Gesims dar; der Winkel zur Befestigung der Sima ist eingelassen. Fig. 1712 zeigt eine Rinne in Holzbettung mit Zinkverkleidung. Bei letzterer ist zur Sicherung der Bettung ein Rinneisen unter dieselbe verlegt. (Zu beachten ist, dass die über der Rinne gezeichnete

Fig. 1707.

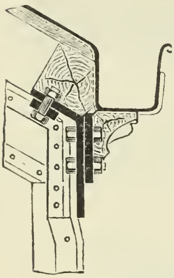


Fig. 1708.

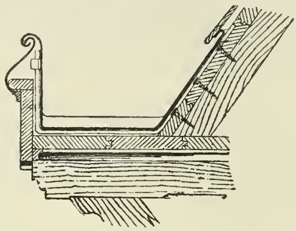


Fig. 1709.

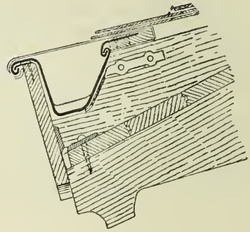


Fig. 1711a und b.

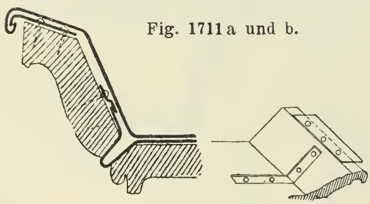
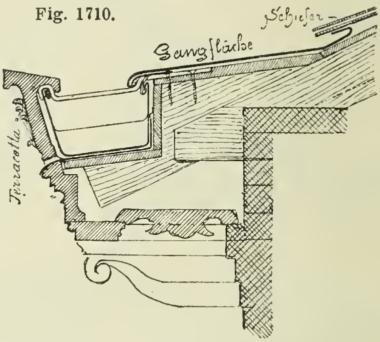


Fig. 1710.



Doppellinie den Kamm zwischen zwei Rinnenläufen darstellt und nicht ein Einhänge-Eisen.)

Rinnen auf Attiken. Bei Monumentalbauten höherer Ordnung mit Attiken ist es nicht angängig, die Attika durch eine vorgehängte Rinne zu verdecken, noch zu einer blechernen Scheinarchitektur zu greifen, wie es auch vermieden werden muss, Traufwasser auf das Gesims fallen zu lassen. Es muss deshalb die Rinne entweder in die Attika gebettet werden, Fig. 1713 und 1714, oder sie muss ganz dahinter geborgen sein, Fig. 1715.

In den ersten Fällen ist das breite Gesims nach rückwärts in eine besondere Rinne entwässernd abzudecken.

Fig. 1713 zeigt das Gesims der National-Gallerie in Berlin. Die Verbindungen der rückwärts ablaufenden Abdeckungen der Attika, ebenso wie die Einhängung an der Gesimsdeckung gelten beim heutigen Stande der Technik als fehlerhaft, weil sie beim Uebertreten der Rinnen das Einsickern von Wasser gestatten, ohne dass ein Nothabfluss vorgesehen wäre.

Dieser Fehler ist bei der Rinnenlage, Fig. 1714, vermieden. Die schmale Attika-Vordeckung wässert nach aussen ab und das Gesims nebst dessen Rinne ist aus Blei in einem Stück hergestellt. Die verschiedenen angewandten Sicherungsfalze am Ablauf der Gesimsabdeckungen usw. sind in den Nebenfiguren a bis e besonders dargestellt, während in e′ e″ einige Arten der Randfalzung angedeutet

sind, welche sich nicht bewähren konnten, trotzdem aber häufig ausgeführt wurden. In der Längsrichtung der Rinne ist eine Kerbung der Unterschalung in etwa 50 cm Zwischenweite angeordnet, worin die Bleiplatte bei Ausdehnung einsackt und bei Abkühlung sich wieder heben kann.

Die „Knoblauch“'sche Rinne, Fig. 1715, ist namentlich in Berlin und Wien vielfach mit Erfolg angewendet worden, und zwar sowohl hinter Attiken als auch bei weit ausladenden Gesimsen, deren Aussenkante nicht belastet werden sollte, bezw. bei welchen jedes Abtraufen nach aussen zu vermeiden war. Der sehr enge Eintraufschlitz (etwa 10 mm) verhütet eine Verstopfung durch Schnee; die Hängebleche sichern das Eintropfen. Die Rinne darf jedoch nur in frostfreie Dachböden eingelegt und muss sorgfältig gegen zufällige innere Verstopfungen gewahrt werden, was am leichtesten durch abnehmbare Innenverschalung und öfteres Nachsehen geschieht.

Fig. 1712.

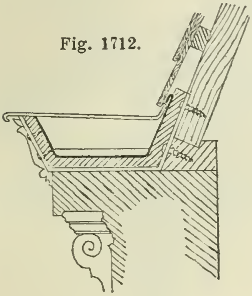


Fig. 1713.

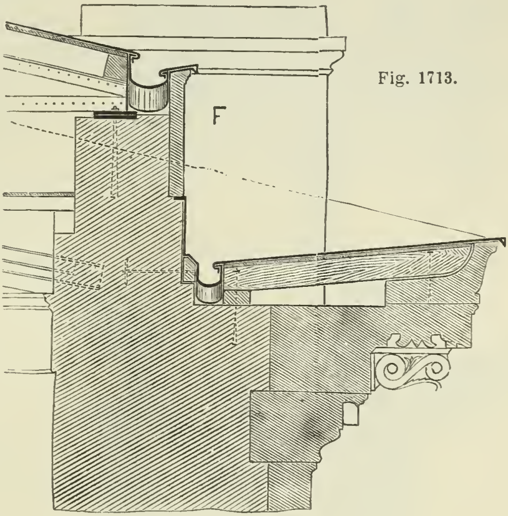


Fig. 1715.

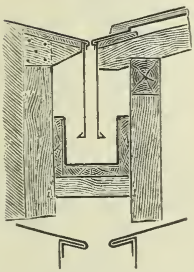
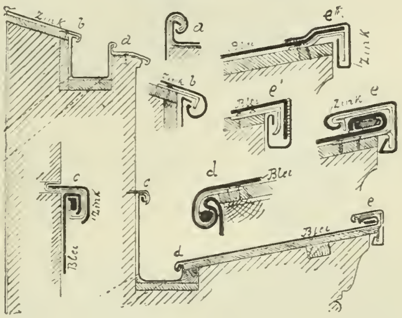


Fig. 1714.



Bei sehr breiten Dachflächen, namentlich bei Hallen mit weit vortretendem Dach, wird häufig eine Hauptrinne auf die Frontstützen verlegt, wobei die Stützen die Abfallrohre aufnehmen, während für den vortretenden Theil des Daches eine besondere kleine Rinne anzubringen ist, die sich durch Wasserspeier oder ähnliche Anordnungen entleert, Fig. 1716. (vergl. hierzu S. 735.)

Eine im besten Sinne **moderne** Rinnenanordnung ist über dem Kassenhofe des neuen Bankgebäudes der Sächsischen Boden-Kreditanstalt in Dresden zur Ausführung gelangt und in Fig. 1717 f. S. dargestellt. Es handelt sich hier um die Wasserabführung von einem zwischen hohen Hofmauern liegenden Glaswalmdache, wozu eine 1 mm starke Kupferrinne von 40 cm Weite dient. Darunter

befindet sich eine zweite Rinne, gleichfalls aus (0,8 mm starkem) halbhartgewalztem Kupferblech, die als Ausfütterung einer in Monierkonstruktion hergestellten Rinnenbettung dient und so eingerichtet ist, dass sie nöthigenfalls nach dem Abfallrohr sich entleert. An der oberen Rinne sind in einer gewissen Höhe seitliche Nothauslässe nach der unteren Rinne, damit bei etwaiger Verstopfung kein seitliches Ueberfliessen nach dem Kassenhofe stattfinden kann. Auf den Füssen der Glasdachsparren (die mit Rücksicht hierauf und auf das Betreten ziemlich stark gewählt wurden) ruht der Rinnenunterbau (auf 7 cm starken Zementdielen) aus Schlacken-Zementbeton hinter einer Monierstirnseite mit dem richtigen Gefälle für die Rinnenbettung, die wie schon bemerkt, aus Monierkonstruktion besteht. Die beiden Rinnen haben zusammen einen Zuschnitt von 2,80 m; der lfd. Meter kostet rd. 200 M. (Arch. Schnauder & Rohn.)

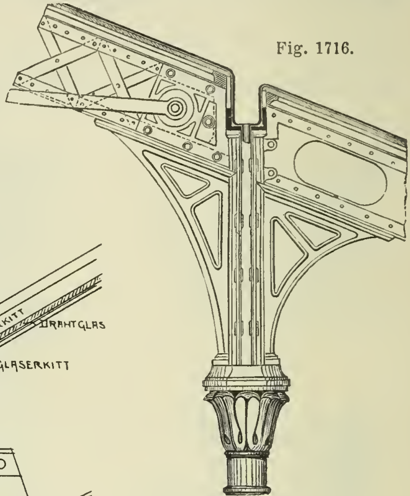
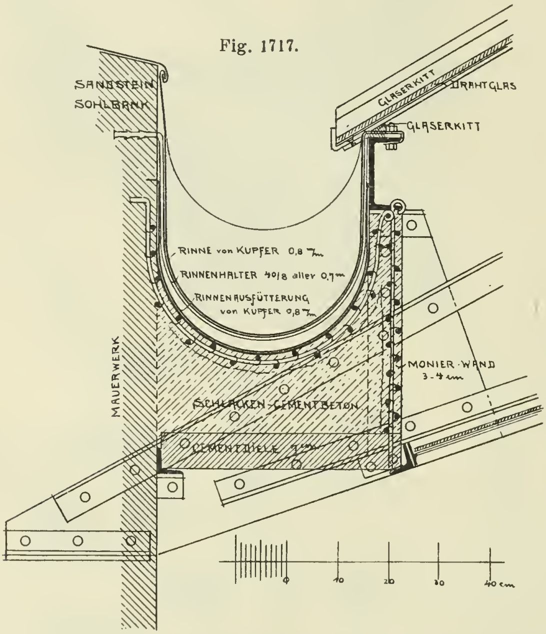


Fig. 1716.

Fig. 1717.



Muldenrinnen, wie sie zwischen zwei Satteldächern nothwendig sind, können nur in sehr grossen Abmessungen sicher hergestellt werden und erhalten deshalb für gewöhnlich kein Gefälle, da eine öftere Untersuchung nothwendig und auch ohne Gefahr zu bewerkstelligen ist. Fig. 1718 zeigt die Bettung aus Holz für eine derartige Rinne zwischen eisernen Gespärren. Obwohl die Rinne nicht betreten zu werden braucht — es dient dafür die Laufbohle — ist es zweckmässiger, die Flanschen der Abfallrohre in den Rinnenboden zu versenken, damit bei etwaigem Durchsacken der eingehängten Zinkrinne diese nicht Schaden und der Wasserablauf keine Hinderung erleide.

Fig. 1719 zeigt eine ähnliche Anordnung, bei welcher ein Unterblech die Sicherung bei etwaiger Undichtigkeit bildet.

Eine Rinne für ein Sched-Dach ist in Fig. 1720 a und b dargestellt; es ist dabei auf zwei Fehler aufmerksam zu machen. Erstlich müsste die innere (Schwitzwasser-)Rinne (b) höher liegen als die Hauptrinne, um richtig in die letztere abwässern zu können und alsdann ist die Einleitung mittels eines gebogenen trichterförmig verengten, an der Mündung breitgequetschten Rohrstutzens in die als Abfallrohr dienende Säule (a), die allerungünstigste und geeignet um Verstopfungen herbei zu führen.

Eine etwas veraltete Anordnung ist in Fig. 1721 dargestellt, bei welcher die Konstruktions-Rinne aus Gusseisen gebildet ist, in die eine Zinkrinne mit Gefälle eingehängt ist. Der Stutzen greift in die stützende Hohlsäule ein, welche auch das Schwitzwasser aufnimmt.

Fig. 1718.

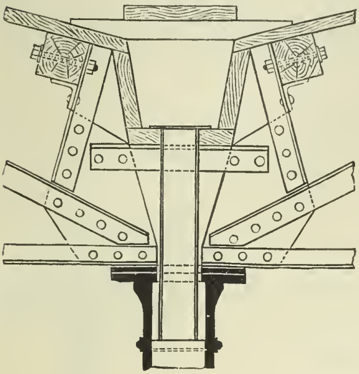


Fig. 1719.

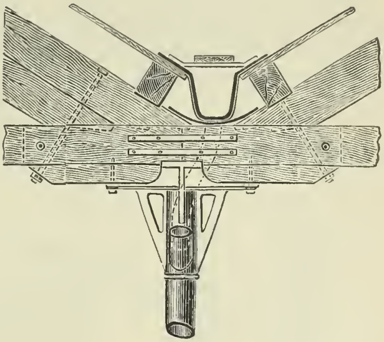


Fig. 1721.

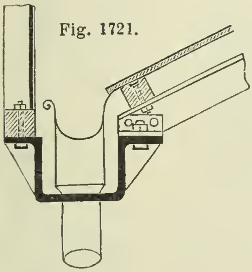


Fig. 1720 a und b.

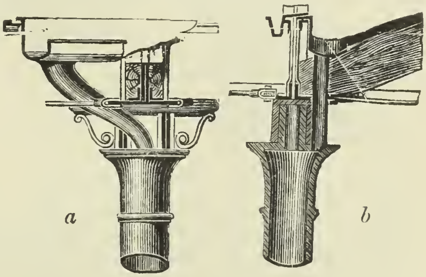


Fig. 1722.

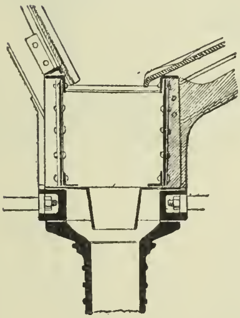


Fig. 1723.

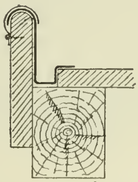
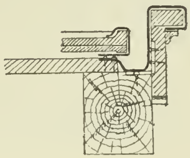


Fig. 1724.



Sehr viel besser und geradezu mustergültig ist die Anordnung Fig. 1722 aus einer Tuchfabrik in Sedan. Die Wangen der eisernen Rinne, wie die Unterflächen des Scheddaches sind geputzt; die Einhängung einer Blechrinne wurde für entbehrlich gehalten.

Als Rinnen werden zuweilen auch die Anschluss-Abdeckungen der Zier-Stirnbretter am Giebel von vortretenden Dächern ausgebildet, wie die Fig. 1723 und 1724 angeben.

Da die Eindeckuug der Anschlüsse an Schornsteine bei Stein-, Holzzement- und Metalldächern (mit Ausnahme der mit Wellblech gedeckten) durchweg in derselben Weise stattfindet, so ist, so weit nicht schon bei den Einzeldeckweisen

darauf hingewiesen ist, hier in Fig. 1725 diejenige Art angedeutet, welche gestattet, dass auf dem Dache nur zwei Löthnähte ausgeführt zu werden brauchen, und zwar auf der mindest gefährdeten Stelle, auf der der Rinne zugewendeten Seite, während die anderen Löthungen vorher ausgeführt werden können.

Eine grössere Anzahl von Rinnen findet sich auch unter den verschiedenen „Decksystemen“, namentlich für Wellblech- und für Glasdächer mitgetheilt, wobei die Anschlüsse besondere Beachtung gefunden haben, auch wird auf die Rinnenanordnungen bei Holzzementdächern, die in Fig. 654 a—d, S. 225, dargestellt sind, hingewiesen.

Rinnkessel und Kniee.

Die Verbindung zwischen Rinne und Abfallrohr wird in den meisten Fällen unmittelbar herstellbar sein, indessen empfiehlt sich beim Zusammenstoss zweier

Fig. 1725.

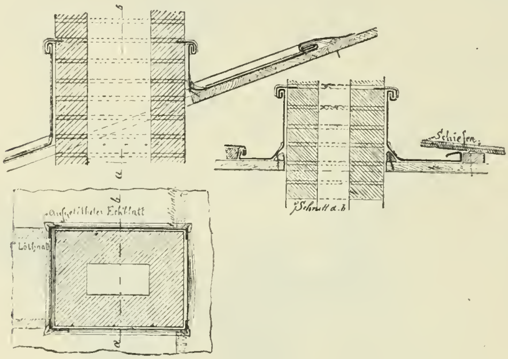


Fig. 1726.

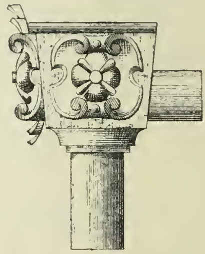
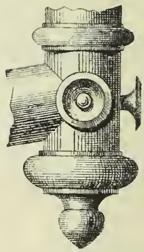


Fig. 1727.



Rinnen mit entgegengesetztem Gefälle oder unter rechtem Winkel die Anbringung eines Rinnkessels, der aus Weissblech, Kupfer oder Zinkblech (Fig. 1726) angefertigt und als gefälliges Schmuckstück der Fassade ausgebildet werden kann. Bei überhängenden Dächern macht sich ferner eine schräge Rohrverbindung zwischen Rinne und Abfallrohr (an manchen Orten „Schweizerknie“ genannt) erforderlich, die gleichfalls dekorativ gestaltet werden kann. Fig. 1727.

c. Rinnen aus Gusseisen.

So unbekannt gusseiserne Dachrinnen in vielen Theilen Deutschlands sind, so selbstverständlich und beliebt sind sie in einzelnen Gegenden. Obgleich nur

Fig. 1728.

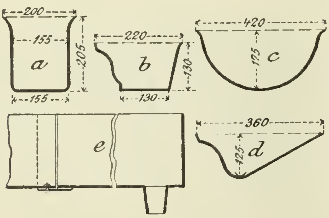
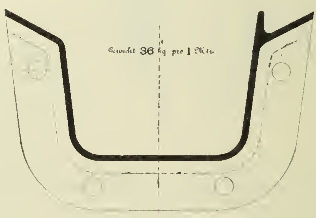


Fig. 1729.



3—5 mm stark, halten sie, wenn gut asphaltirt, mindestens 25 Jahre lang ohne jeden Unterhaltungsaufwand. Sie ermöglichen es, das bekrönende Glied eines Gesimses (Sima oder Karnis) wirklich als Rinnleiste auszunutzen, zu welchem

Zweck man sie mitunter mit schwachem Zinkblech ausfüttert. Sehr gute Dienste thun sie auch bei Scheddächern und in den Kehlen zwischen Satteldächern, Fig. 1728; weniger empfehlenswerth erscheinen sie vielleicht wegen ihres Gewichtes bei überhängenden Dächern. Der je nach der Deckweise erforderliche Anschluss ist leicht im Guss herzustellen; als Verbindung dient eine Schraube in Langloch mit Bleiplättchen-Zwischenlage; die zugehörige Gummidichtung wird mitgeliefert. Die Baulänge beträgt 1 m, die Preisberechnung gründet sich auf die Abwickelung (von 0,25 bis 1,20 m Abwickelung kostet das qm von 12,80 bis 20 Mk.). Die in Fig. 1729 dargestellte Muldenrinne ist namentlich für Scheddächer bestimmt, ihre Verbindung erfolgt durch die angegossenen Flanschen.

d. Abfallrohre.

Auch die Abfallrohre werden am häufigsten aus Zinkblech No. 13 bis 15 angefertigt, indessen kann auch hier genietetes, nachträglich verzinktes Eisenblech verwendet werden. Die unteren Schüsse, soweit sie vom Verkehrsweg aus erreichbar sind, sollten, schon um nicht zum Diebstahl anzureizen, stets aus asphaltirtem Gusseisen oder verzinktem Eisenblech gemacht werden. Bei Kupferdächern müssen auch die Abfallrohre aus Kupfer bestehen.

Die Abmessungen sollen mindestens $^3/_4$ des Rinnenquerschnittes betragen: doch ist es unzweckmässig, Rohre unter 12 cm Weite zu verwenden, weil diese leicht einfrieren.

Fig. 1730.

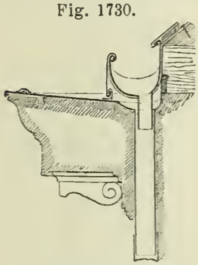
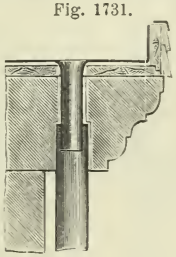


Fig. 1731.



Für guten breiten Uebergriff am Einlaufstutzen ist Sorge zu tragen, daher Anordnungen nach Fig. 1730 zu vermeiden sind. Auch Anordnungen nach Fig. 1731 sind gefährlich, da die Dichtheit am Anschluss der Abdeckungen des Abfallrohres nicht geprüft werden kann; es müsste der Anschlussstutzen mindestens mit Abdeckung abgehoben werden können, also ein Ueberrohr angeordnet sein, wie bei Fig. 1732. Querschnitts-Verengungen sind unzulässig, Krümmungen, besonders scharfe, ganz zu vermeiden. Stossen zwei lange Rinnenläufe gegen einander, so dass ein Verschiebungskamm nach Fig. 1684, S. 721 anzuordnen ist, so muss die in dieser Figur gezeigte Einrichtung eines Falltrichters oder eines Rinnkessels, Fig. 1726, angewandt werden. (Vergl. den vorst. Abschnitt Rinnkessel und Kniee.)

Bei Rinnen, die unterirdisch entwässern, ist, um bei etwa eintretenden Verstopfungen leicht Hilfe bringen zu können, am unteren Ende ein Reinigungskasten anzuordnen, Fig. 1734. Gute Dienste kann an wohl beaufsichtigten Stellen auch der in Fig. 1733 dargestellte „Ueberschieber“ leisten, welcher auch von Verstopfungen durch Ausfluss aus dem kleinen gebogenen — auch als Handhabe dienenden — Röhrchen *b* Kenntniss giebt. Natürlich werden solche Ueberschieber am zweckmässigsten da angebracht, wo etwa das Abfallrohr über ein Sockelgesims verkröpft werden muss; sie sind also anstelle der Krümmer zu verwenden.

Das früher sehr beliebte Kröpfen und Krümmen der Abfallrohre (um Verdachungen, Gurtgesimse und Sockelvorsprünge herum) sollte überhaupt möglichst vermieden werden, was meist durch genügenden Abstand des Rohres von der Gebäudeflucht möglich sein wird. Die Löthnaht der Rohre soll, namentlich wenn die Rohre dicht an der Mauer liegen, um etwaige Schäden rascher aufzufinden, dieser nicht zugekehrt sein (wozu aber die Klempner sich nur ungern verstehen). Wo das Einfrieren der Abfallrohre zu befürchten ist (und das ist in strengen Wintern fast überall der Fall!), werden sie zweckmässigerweise mit flach gewelltem Querschnitt. Fig. 1735 und 1737, angefertigt. Fig. 1736 stellt derartige Abfallrohre dar, die von Feucht & Fabi in Leipzig-Reudnitz angefertigt werden. Der leitende Gedanke ist dabei, der Ausdehnung des Eises leicht Raum zu schaffen und der mit fortgerissenen Luft, die häufig Stauwirkungen und dadurch Eisbildung in den Rohren veranlasst, einen Weg zum

Entweichen frei zu halten und das Wasser über die in seiner Bewegungsrichtung angeordnete Längsnaht *n* hinweg zu leiten; bei alten Röhren kann der Luft ein Ausweg durch Einsenken von flachgedrückten Röhrchen oder Blechzungen geschaffen werden.

Fig. 1732.

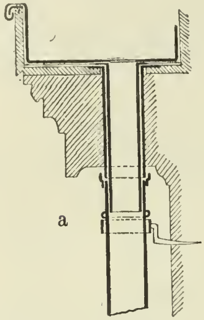


Fig. 1733.

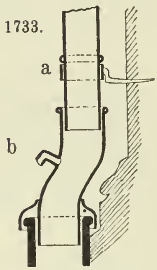


Fig. 1734.

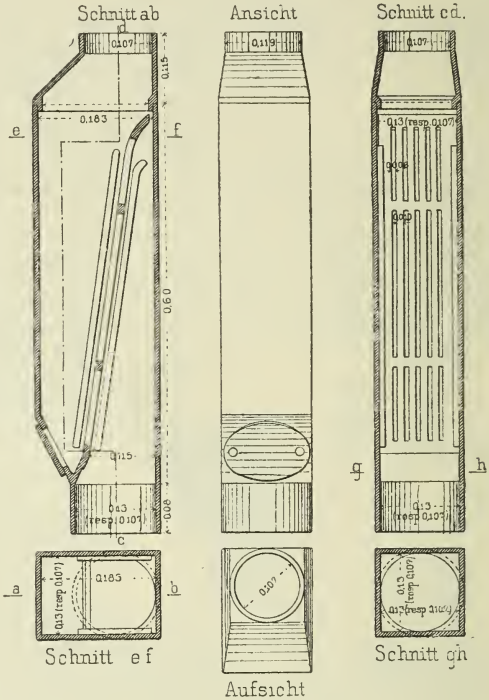


Fig. 1735.



Fig. 1736 a—c.

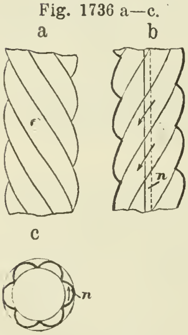


Fig. 1737.

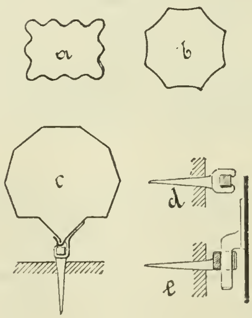
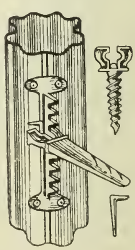


Fig. 1738.



Die Befestigung der Rohre an der Umfassung erfolgt meist noch durch verzinkte oder verkupferte Rohrschelleisen, Fig. 1668 S. 718 u. 1732, die in Abständen von 1,5 bis 3,25 m im Mauerwerk befestigt werden und auf denen die Rohre mittels angelötheter Wulste aufsitzen. Die zweckmässigeren amerikanischen Befestigungsarten sind in Fig. 1737 d, e, so wie in Fig. 1738 dargestellt.

Wo Abfallrohre unmittelbar mit dem Siel in Verbindung stehen und unterhalb von Dachfenstern ausmünden, geben sie häufig Veranlassung zu Geruchbelästigungen, wenn nicht an ihrem Fuss ein Geruchverschluss eingeschaltet wird. Als solcher genügt ein syphonartiges Bogenstück oder ein zweitheiliger Blechkasten, in dessen einem Theil das Rohrende stets in Wasser taucht. Um das Verstopfen durch eingewehtes Laub, Stroh oder durch Ziegel und Schieferbruchstücke zu verhüten, sind korbförmige Rinnsiebe aus verzinktem, starken Eisen- oder Messingdraht in Gebrauch, die mit den etwas federnden überstehenden Drahtenden von oben in die obere Fallrohrmündung lose eingesteckt werden. Nebeling & Co. in Remscheid, fertigt sie in sechs verschiedenen Durchmessern. Bei Dachrinnen vor den Fenstern bewohnter Mansarden werden diese Körbe zweckmässig durch Sicherheitsverschlüsse gegen das Wegnehmen zu schützen sein.

Die sogen. halbschweren deutschen Abflussrohre aus Gusseisen haben Muffenverbindung und Gummiring-Dichtung; sie werden bis zu 157 mm lichter Rohrweite vorräthig gehalten. — Mit der Wasserableitung durch gusseiserne, als Stützen dienende Säulen sollte man wegen des Einfrierens und der Unzugänglichkeit ihres Inneren sehr vorsichtig sein. (Vergl. S. 543.) — Zur Ableitung des Wassers von vorkragenden Schutzdächern oder Balkonen und Altanen genügen meist ganz schwache Zinkblechrohre, die in das Hauptabfallrohr eingeführt werden oder über dem Gangbahn-Belag ausmünden.

e. Besondere Gesims-Abdeckungen.

Die für Blechabdeckungen aller Art maassgebenden Gesichtspunkte, wie Rücksichtnahme auf Beweglichkeit in der Wärme und Kälte, Vermeidung galvanischer Einwirkung verschiedener Metalle auf einander, Wahl geeigneter Verbindungs- und Befestigungstheile zwischen den Metall- bezw. diesen und den Stein- und Holzkonstruktionen, finden sich in den vorausgehenden Abschnitten

Fig. 1739.

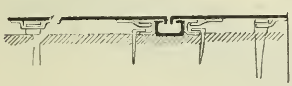


Fig. 1740.

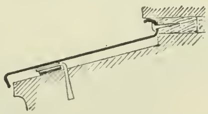
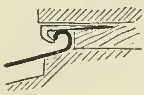


Fig. 1741.



ausführlich behandelt. Als neu kommt hier die Verwendung verzinkten oder emaillirten Eisenbleches inbetracht; eigenartig ist dabei namentlich die Herstellung der Stossfugen, wie Fig. 1739, sie im Längsschnitt der Bleche zeigt. Die Unterfalze werden aus verzinktem Blech hergestellt, welches in einer der eben geschilderten Arten auf dem Gesims befestigt wird. In Abständen von rd. 70—80 cm haben sodann die Deckbleche kleine, vor der Verzinnung oder Emaillirung angenietete Schlaufen, welche in Haftwinkel, die im Gesims befestigt sind, eingeschoben werden, Fig. 1739, 1740.

Die obere Befestigung geschieht in üblicher Art durch Nägel oder kleine Haken, Fig. 1740, 1741.

In verzinktem Eisenblech können Längen bis zu 4 m, in emaillirtem Blech bis zu 3 m aus einem Stück hergestellt werden; den Hauptvorzug bildet aber die grössere Steifigkeit, woraus sich ferner die geringere Zahl von Befestigungen und die Möglichkeit ergiebt, Kropfstücke in der Werkstatt und die einspringenden Winkel als Kehlen (genietet) herzustellen. Ausserdem erhitzen sich solche Abdeckungen im Sonnenschein weniger als Zink, arbeiten infolge dessen weniger an den Steingesimsen und speichern auch nicht soviel Sonnenwärme auf, wie beispielsweise mit Schieferplatten gebildete Fenstersohlbänke oder dergl. — Den emaillirten Abdeckungen können nicht nur fast alle gewünschten Farbentöne gegeben werden, sondern sie können auch farbige Ornamente von fast unvergänglicher Dauer erhalten. (Bergmann in Gaggenau, Baden.)

Bei den Holzzementdächern spielt die Anordnung der Blecheinfassungen, namentlich an der Traufseite, eine ziemlich wichtige Rolle. Das Vorstossblech wird meist auf die Pappunterlage, die auf die Schalung gedeckt wird, aufgenagelt, um 3—4 cm über die Kante herausragend und am vorderen Rand mit Falz oder Wulst versehen. Nachdem zwei Papierlagen aufgebracht sind, wird das Eindeckblech verlegt, das vorn (aussen) mittels Wulst den Rand des Vorstossbleches umfasst, über dieses breit wegreicht und an dem dem First zugekehrten Rand genagelt wird. Auf dem Eindeckblech wird die Kiesschutzleiste einfach, vergl. Fig. 654a—c, S. 225, oder in doppelter, paralleler Anordnung hinter einander, Fig. 1742, aufgelöthet. Die Ausschnitte in der immer doppelwandigen Leiste sind etwa 20 cm von einander entfernt und um den halben Abstand gegen einander versetzt, damit der Goudron nicht geradlinig abfliessen kann. Die einfache Kiesleiste wird durch vorgelöthete Nasen ausgesteift, bei doppelter Kiesleiste werden aussteifende Stege dazwischen gelöthet. Die Rinn-

Fig. 1744.

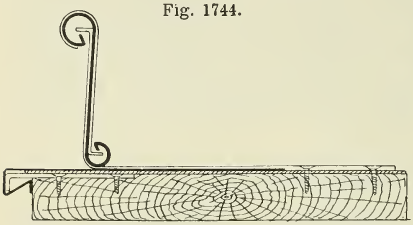


Fig. 1742.

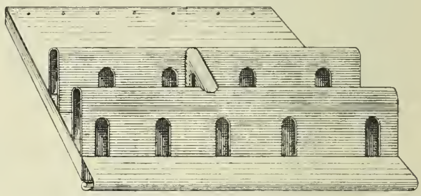
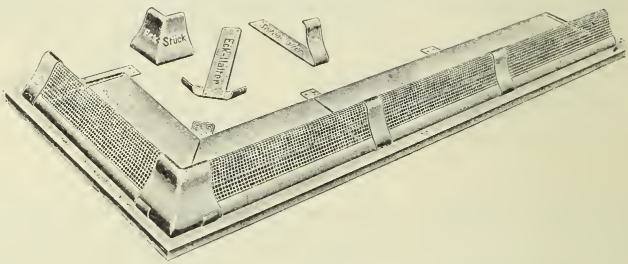


Fig. 1743 a—d.



eisen werden seitlich an die Sparrenköpfe oder, noch vor der Papplage in die Schalung eingelassen, angenagelt; die Dachrinne wird in den Wulst des Vorstossbleches mit eingeschoben.

Nach einem anderen System (Nebeling & Co. in Remscheid), wird die Kies- oder Rinnleiste in einen Falz des Deckbleches eingeschoben und mit einer verzierten Stirnwand verkleidet. Die neueste Anordnung dieser Form, eine „Drahtkiesleiste", ist in Fig. 1743 a—d dargestellt. Wie aus dieser hervorgeht, tritt anstelle des nur an einzelnen Punkten durchlochten Bleches ein Drahtnetz, sodass auch plötzliche, heftige Niederschläge rasch abgeführt werden können. Die aus verzinktem Blech und Draht hergestellte Konstruktion erfordert keinerlei Löthungen beim Verlegen und stellt sich niedrig im Preise.

Die verbesserte Kiesschutzleiste von Büsscher u. Hoffmann in Eberswalde, vermeidet sowohl die Befestigung des Vorstossbleches auf der Schalung, als dessen Verlöthung mit der Kiesleiste. Die letztere wird vielmehr an Haften befestigt (übergestreift), die hinter dem Vorstossblech aufgenagelt sind. Der Zusammenstoss der Leisten wird durch Schiebehülsen gedeckt. Die Ausbildung ist aus Fig. 654 der Seite 225 ersichtlich. Eine Hafte stellt Fig. 1744 in grösserem Maasstab dar.

Bei Plattformen, die sich oberhalb von Mansardendächern befinden, wird manchmal ausserhalb der Kiesleiste im Deckblech eine kleine Rinne angelegt, damit etwa ablaufender Goudron nicht auf die Schiefer herabtropft. Die anderen

Dachränder, die nicht Traufen bilden, sind, sofern sie nicht an höher gehende Mauern anstossen, mit Bordleisten einzufassen, welche die Oberkante der Kiesaufschüttung nur um rd. 2 ^{cm} überragen und die entweder aus mit Zinkblech verkleideten Bohlen oder aus verzinktem Eisenblech bestehen können. Sie sind in geeigneter Weise zu versteifen. Wo das Holzzementdach an aufgehendes Mauerwerk anstösst, sind die Anschlüsse mit rechtwinklig in die Höhe gebogenen Zinkblechstreifen, eingelassener Krempelleiste usw., so wie vorher geschildert, herzustellen.

XV. Oberlichte, Glasdächer und Glasdecken.

(Einschliesslich der festen und beweglichen Einrichtungen zur Lüftung.)

a. Allgemeines, Material.

Verschiedenartig, wie die Räume und Zwecke, denen sie dienen, ist auch die Anordnung der Einrichtungen, die zur Zuführung des Lichtes von oben, sowie u. Umst. der Lüftung dienen.

Manchmal genügen zur Erreichung der gestellten Aufgabe die einfachsten, alltäglichsten Mittel, in anderen Fällen müssen die klimatischen Schwierigkeiten, oder besondere Rücksichten auf die vorliegende Nutzungsweise, oder ungünstige konstruktive Verhältnisse des Gebäudes in der eingehendsten, jeden Umstand berücksichtigenden Weise inbetracht gezogen werden. Meist ist es dann mit der Anwendung eines erprobten „Systems“ nicht gethan, sondern die Aufgabe ist bis ins kleinste zu erwägen und neu zu lösen und ihr Gelingen wird nächstdem vorwiegend von der richtigen Leitung und der sachkundigen Thätigkeit der zur gemeinsamen Ausführung vereint wirkenden Gewerke abhängen. Gewisse Hauptgesichtspunkte kehren aber bei jeder derartigen Aufgabe wieder, von ihnen soll deshalb zunächst die Rede sein.

Bei allen Oberlichtanordnungen handelt es sich um rasche und sichere Ableitung von Niederschlägen, sowohl von solchen, die von aussen kommen (Regen, Schnee, Reif), als auch von innen aufsteigende, an der kalten Glasfläche kondensirte, oft auch gefrierende Wasserdünste. Ausser der Tropfgefahr ist auch die Beeinträchtigung der einfallenden Helligkeit zu vermeiden, es sollen keine Halb- oder Schlagschatten entstehen und für die Erscheinungsform sind oft architektonische Rücksichten maassgebend bezw. erschwerend.

Die Breite der tragenden Theile ist, weil lichtraubend, thunlichst zu beschränken, obgleich die Zerbrechlichkeit des Glases und der zerstörende Einfluss der Witterung ihre grösste Dauerhaftigkeit erheischen; die verschiedenen Ausdehnungsverhältnisse der neben einander zu verwendenden Materialien und ihre leichte Zerstörbarkeit durch grosse Temperaturschwankungen, bezw. des Glases durch Biegungen oder Spannungen, bilden weitere Erschwernisse und auch die Rauchgase sammt Russ und Flugasche unterstützen das Zerstörungswerk.

Die Ableitung der äusseren Niederschläge und die Dichthaltung gegen deren Eindringen ist eine leichte Sache im Vergleich mit dem Verhüten und dem unschädlichen Ableiten des inneren Schwitzwassers.

Die Ursachen der Undichtigkeit lassen sich zurückführen auf: Elastizität der Dachstühle, Erschütterungen derselben durch äussere Ursachen, Abheben der Glasplatten durch inneren Winddruck (also auch durch Zuschlagen von Thüren), sowie wechselnde Wärmeeinflüsse und Unbeständigkeit (Verderb) der Dichtungsmittel. Es ist hierbei noch von gewaltsamem Bruch der Glastafeln oder vom Zerspringen derselben beim Gefrieren des etwa in die Fugen eingedrungenen Wassers abgesehen. Dagegen sind als Ursachen des inneren Beschlagens und Abtropfens anzusehen: nicht allein durch Winddruck oder Adhäsion bei sehr flacher Lage der Tafeln von aussen eingetriebenes Wasser oder Schnee, sondern die an den abgekühlten Glas- und Metalltheilen (selbst an Holz) erfolgenden Niederschläge aus zuströmender wärmerer, daher höher gesättigter Luft, ferner auch die Bildung von Schnee im Inneren bei eingetriebenem kaltem Wind und schliesslich — was in den seltensten Fällen berücksichtigt wird — die fortgesetzte Strahlenwirkung von Metalltheilen, welche entweder unmittelbar mit der kalten Aussenluft in Berührung stehen, oder für

welche gegen Abstrahlung in den freien Himmelsraum kein genügendes Hinderniss besteht, da die dünnen Glastafeln gegen Wärmestrahlungen nur einen äusserst geringen Widerstand besitzen! Finden sich Unebenheiten an den Unterflächen der Glas- oder Metalltheile, so bilden diese „Strahlungsspitzen"; besonders an diesen treten zuerst Ansammlungen von Feuchtigkeit auf, welche durch weiteren Zufluss zu grösseren Tropfen verstärkt werden und alsdann bei ungenügender Neigung nicht weiter fliessen, sondern herabfallen.

Aus diesen Betrachtungen ergiebt sich, dass eine möglichst grosse Neigung, der möglichste Ausschluss von wagrechten (namentlich stärkeren metallischen) Verbindungen in der Dachfläche, der Abschluss von wärmerer feuchter Luft von den Innenflächen die sichere Wirkung der Konstruktion wesentlich begünstigen. Durch Heizregister unter der Glasfläche oder unmittelbare Zuführung trockener warmer Luft unter dieselbe würde sich auch deren Beschlagen verhüten lassen; auch eine zweckmässig angeordnete doppelte Verglasung würde den Uebelstand zum grössten Theil beseitigen. (Vergl. S. 755.)

Während genügende Neigung durch eine entsprechende Konstruktion des Dachgerüstes oder besondere Zwischenkonstruktionen erzielt wird, müssen bei abtropffreien Dächern die Pfetten entweder aussen angeordnet (das Oberlicht also aufgehängt) oder mit hängenden Rinnen umgeben sein. Oder, man entfernt die Pfetten durch Stelzeinrichtungen von der Dachfläche, während — sofern dies sonst zulässig ist — der Zutritt feuchtwarmer Luft durch Verdoppelung der Glasflächen, bezw. Anordnung innerer und äusserer Oberlichte über den betr. Räumen verhindert wird. Doch kann auch für die inneren Oberlichte (Glasdecken) besondere Vorsicht oft sehr nothwendig werden, wie ja andererseits auch Fälle vorkommen, in denen auf Abführung des Schwitzwassers nur geringe Rücksicht genommen zu werden braucht.

Zwar hängt die Stärkebestimmung der zu verwendenden Glassorten, mit Rücksicht auf Hagelschlag, wesentlich von der den Tafeln zu gebenden Neigung ab, gleichzeitig aber auch von ihrer Breite und Länge. Dicke und Flächenabmessung beeinflussen aber den Preis derselben eben so sehr, wie die Art des Glases als „geblasenes", „gegossenes", „Hartglas" usw. Es lassen sich daher keine festen Regeln aufstellen; doch wird für gewöhnliche Fälle die Angabe dienlich sein, dass in Nord- und Mitteldeutschland durchschnittlich bei geringster Dachneigung von 1 : 3 als vortheilhaft sich herausgestellt hat: eine Sprossenweite von rd. 0,50 bei einer Tafellänge von rd. 1 ^{m}, bei höchsten Weiten von rd. bis 0,65 ^{m} eine Länge von rd. 0,78 ^{m}, und zwar für geblasenes Glas von 4,5 bis 5 ^{mm} oder geripptes Gussglas von 7—12 ^{mm} Stärke.

Natürlich kann die Stärke bei grösserer Neigung etwas abgemindert werden, während es vortheilhaft sein wird, die Flächenabmessungen, welche oben angegeben sind, beizubehalten.

Bei flachen Neigungen müssen entweder stärkere Tafeln angewendet werden, oder die Sprossenlage muss enger sein; es werden sogar kleine Querrinnen in den Stössen erforderlich. Dicke Rohglasplatten haben aber nicht allein eine grosse Tragfähigkeit, sondern sie werden in grossen Flächen hergestellt und diese hahen eine sehr ebene Unterfläche, welche um so weniger zum Abtropfen Veranlassung bietet, als die schlechte Wärme-Leitung des Glases raschem Temperaturwechsel vorbeugt.

Rauhes und geripptes Rohglas — dessen unebene Flächen stets nach der Oberseite zu legen sind — giebt eine sehr starke Lichtzerstreuung. Wenn dasselbe sehr flach verlegt wird, ist öftere Reinigung erforderlich, weil es dabei durch Russ und Staub bald dunkelt. Schnee gleitet nicht leicht davon ab.

Bei Verwendung von Drahtglas kann zwar die Sprossenweite reichlicher bemessen werden, die grössere Eigenlast erfordert aber eine erheblich stärkere Substruktion und der Lichteinfall ist wesentlich geringer als ohne Drahtnetz. Günstige Lichtvertheilung erzielt man bei Eindeckungen mit Luxfer-Gläsern, die ebenso wie Schwinning's Prismen mit konkaven Leuchtflächen vorzugsweise über Kellerräumen Verwendung finden.

Im übrigen ist das üblichste Material das Rohglas, stets fein gerippt, in Breiten von 51, 54, 57 und 60 ^{cm} und 4 oder 6 ^{mm} stark. Weil die 4 ^{mm} Sorte

dem Konventionspreis unterliegt, ist sie nicht billiger als die 6 mm Sorte, die als „hagelsicher“ gilt. — Zu inneren Oberlichten wird häufig das 3—4 mm starke Marokkoglas verwendet, das gewalzt (nicht gegossen) wird und grünlich oder gelblich aussieht. Sehr schön ist auch das 3—4 mm starke Strahlglas.

Als Ersatz für Glas ist das Tektorium, eine aus einem feinen Drahtgewebe mit Leinöloxyd-Ueberzug bestehende biegsame, durchscheinende Masse in Scheibenform wegen ihrer Unzerbrechlichkeit in Vorschlag gebracht worden; als Hauptbedenken dürfte ihrer Einführung aber, neben dem knappen Lichtdurchlass, die leichte Brennbarkeit im Wege stehen.

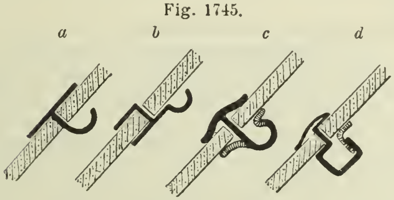
Wo die Möglichkeit des unbefugten Betretens oder des Herabstürzens von Gegenständen nicht gänzlich ausgeschlossen erscheint, also in den meisten Fällen (abgesehen von Drahtglas und Glasprismen), macht sich die Anbringung eines Schutzgitters über der ganzen Glasfläche erforderlich. Als die wesentlichsten, dadurch erwachsenden Schwierigkeiten sind zu nennen die dadurch und durch Russ- und Staubansammlung in den Maschen entstehende Verdunkelung sowie die rasche Zerstörung durch Rost bei Verwendung gewöhnlichen Eisendrahtes.

Nächst der Wahl des Glases wird die Hauptaufmerksamkeit hinsichtlich der Herstellung von Sparrenprofilen erforderlich, welche leichte Dichtung — auch ohne Kitt — und sichere Abführung etwa eingedrungenen Regenwassers gestatten, sowie der Befestigung der Glasplatten auf diesen und der Sicherung gegen Abgleiten derselben. Im weiteren erfordert, je flacher das Dach, die Ueberdeckung der Glastafeln in der wagrechten Richtung, bezw. Dichtung und Verhütung von Abtropfen an diesen Stellen, erhöhtes Augenmerk. Schliesslich ist bei den Oberlichten noch der Anlage von Rinnen bezw. dem Anschluss an solche, sowie an die übrige Deckung und an Wände oder Umrahmungen, ebenso grosse Sorgfalt wie der zweckmässigen Verbindung von Sprossen und Pfetten zuzuwenden.

b. Oberlichte mit ganz steiler Neigung.

Die Verglasung des steileren Schenkels eines Scheddaches (vergl. deren allgemeine Anordnung und Konstruktion in den Fig. 1510—1513, S. 633 ff.) wird zu Schwierigkeiten kaum jemals Anlass geben; sie wird (es kommen hier nur Eisenrahmen inbetracht) nicht anders ausfallen, als sie in dem bezüglichen früheren Abschnitt bereits geschildert wurde. Bewegliche Flügel sind hier selten nöthig, weil die Lüftung durch die flacheren Dachflächen oder noch besser durch die dreieckigen Stirnseiten erfolgen kann. Das senkrechte Sprossenwerk wird aus T förmigen Profileisen gebildet, deren mannichfaltige Formen in Fig. 1171, S. 501 und deren Verbindungen in Fig. 1177, S. 506. No. 31 und 32, sowie in dem Abschnitt über eiserne Fenster dargestellt sind; die Unterschneidungen bei einzelnen dieser Profile sind erwünscht zur Verstärkung der Kittfuge. So lange die Höhe der Scheiben 1 m nicht erheblich übersteigt, wird man diese aus einem Stück, ohne Quersprossen herstellen, weil sich die einscheibige Anordnung zumeist billiger stellen wird, und die Gefahr des Zerbrechens bei der hohen Lage sehr gering ist. Bei grosser Höhenabmessung kann, sorgfältige Verstiftung vorausgesetzt, eine Bleiruthe zwischen den Scheiben genügen; anderenfalls ist eine verkittete Quersprosse aus T Eisen anzubringen; bei grosser Breite der Scheiben ist aber beim Bleiverband eine Lockerung der Fugen durch den Winddruck zu befürchten. Man verbindet dann zweckmässigerweise die Scheiben durch Zinkstreifen, welche nur mit Leinölfirniss zwischen die Fugen eingeklebt werden, mit einer kleinen Rinne, Fig. 1745a—d; diese Rinnen können dann seitlich in kleine, neben oder unter den Hauptsprossen angeordnete Schwitzwasserrinnen einmünden. Die unter d gezeichnete Form ist nur dann anzuwenden, wenn die kleine Rinne grösseres seitliches Gefälle hat, die nach Fig. b niemals, wenn Frost zu befürchten

Fig. 1745.



ist. Sämmtliche Formen werden auch leicht nach aufwärts gebogen ausgeführt; damit wird aber die Ausführung, namentlich der richtige Schnitt der Tafel, sehr erschwert. Neuerdings wendet man deshalb lieber eine geringe Ueberdeckung der Glastafeln an und dichtet mit einer Sprosse, welche gleichzeitig die obere Tafel gegen Abgleiten sichert, Fig. 1746 a—d.

Die bei a dargestellte Rinnenform ist nur bei sehr steil liegenden Dächern nöthig; die Form b setzt Durchlochungen des Unterschenkels in höchstens 15 cm Abständen voraus, aber auch dann besteht noch die Gefahr, dass das zurück-

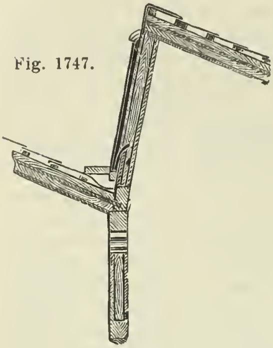


Fig. 1747.

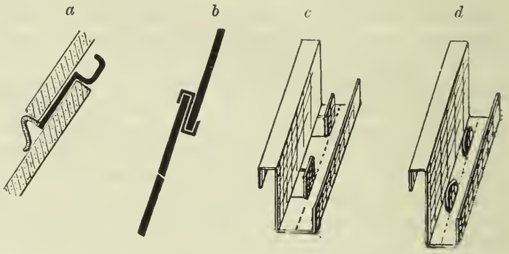


Fig. 1746.

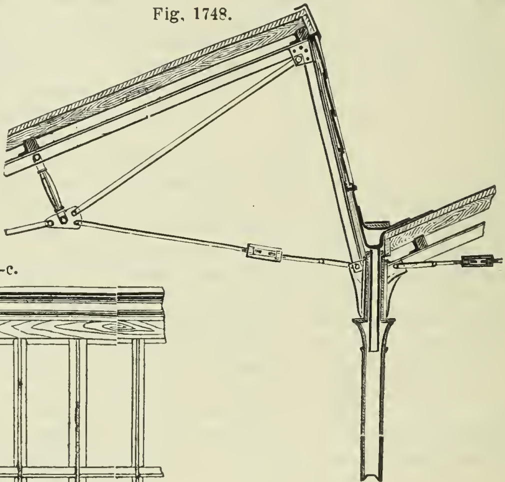


Fig. 1748.

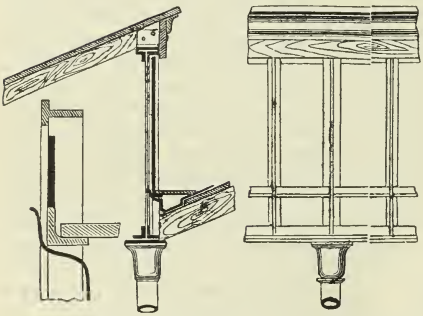


Fig. 1749 a—c.

gehaltene Schwitzwasser gefriert und die Scheiben zersprengt. Empfehlenswerther sind die Formen c und d, bei denen die aufgebogenen Lappen (in der Zeichnung schraffirt), welche die Scheibe seitlich verspannen, aus dem unteren Schenkel ausgeschnitten werden, wodurch hier gleichzeitig Wasserabläufe entstehen. Um dem Verziehen zu widerstehen ist natürlich starkes Zinkblech dazu erforderlich. — Derartige Verglasungen, ohne verkittete Sprossen, sind nicht ganz winddicht, die zumeist wärmere Luft des Innenraums verursacht aber einen kleinen Ueberdruck gegen die Aussenluft, so dass die üblen Folgen sich in der Regel auf ein Abströmen der erwärmten Luft beschränken werden.

Es ist selbstverständlich, dass Vorkehrungen zu treffen sind, damit das vom First kommende Wasser vom Fenster abgehalten, Fig. 1747, 1748, sowie damit das Schwitzwasser am Fusse des Fensters in die Hauptrinne abgeleitet wird, Fig. 1749 a—c, 1747 u. 1748. Vergl. auch Fig. 1511 u. 1512, S. 634. Die

Hauptsprossen können mit Leichtigkeit mit Ober- und Unterrahmen derart verbunden werden, dass sie ein Fachwerk bilden, das diese Hauptrinne von einem Hauptstützpunkt bis zum anderen trägt; Fig. 1749. Bei grossen Ausführungen und namentlich wenn es sich um Werkstätten und durch Wellenleitungen belastete Dächer handelt, wird man die tragende Konstruktion des Daches und die Oberlichtfläche jedoch besser von einander trennen. (Vergl. S. 634.) Die Einrichtung beweglicher Fenster bietet bei den Scheddächern keine Schwierigkeit. Fig. 1750 stellt die bewährte Anordnung vom Kinder-Krankenhaus der Charité zu Berlin mit Kippflügeln in voller Höhe des Oberlichtes dar, die durch einen Hebel gemeinsam gestellt werden.

Bei den sog. Boileau-Dächern sind auf die Hauptdachflächen Dachreiter aufgesetzt, deren senkrechte Seitenflächen verglast, deren Satteldächer aber

Fig. 1750.

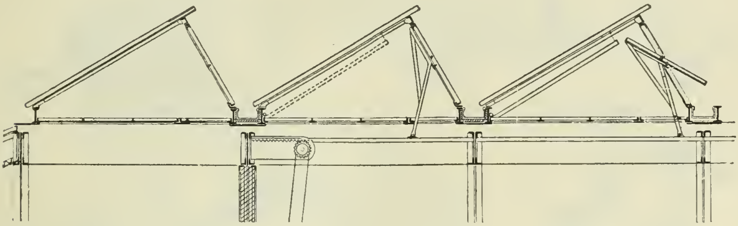


Fig. 1751.

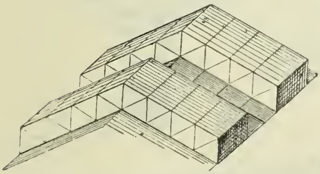
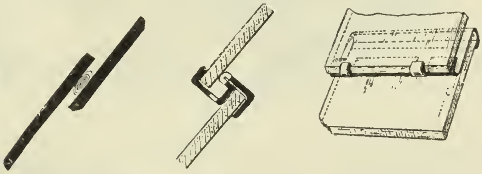


Fig. 1752 a—c.



entsprechend dem Hauptdache eingedeckt sind. Dadurch kommt das Zenithlicht in Wegfall, was für gewisse Gärtnereizwecke sehr wichtig ist. Bei dem Gitterwerk bilden die senkrechten Stützen zugleich die Sprossen; die Diagonalen liegen vor oder hinter der Glaswand (Fig. 1751). Werden die Stützen senkrecht zur Dachneigung gestellt, so entsteht nur unter dem First und bei den Traufen Schiefverschnitt der Glasscheiben, bei geringfügigem Mehraufwand an Eisen. Fenster mit steiler Neigung, die sich auf steinerne Abdeckungen oder Mauerwerk stützen, können hier ähnlich den eisernen Fenstern (vergl. VII, d, Seite 522) konstruirt werden.

c. Oberlichte in flacheren Neigungen.

Wenn man auch Oberlichten, die in der Höhenrichtung nur aus einer Scheibe bestehen, beliebig geringe Neigung geben kann, so tritt bei einer solchen, bei der einfachen Ueberdeckung zweier Scheiben, doch stets die Gefahr des Abtropfens an der Uebergangsstelle ein, wenn der Zwischenraum an dieser weniger als 4 mm beträgt oder die Fugen nicht, infolge geringer Ausbiegung der Sparren nach innen, um mindestens 5^0 klaffen. Als drittes Hilfsmittel ist noch der schiefe Schnitt des oberen Randes der unteren Scheibe zu nennen, wodurch das Schwitzwasser seitlich nach dem Sparren oder der Vertikalsprosse abgelenkt wird. Bei Glastafeln von grosser Dicke bleibt aber infolge Rauhigkeit oder Ungenauigkeit ihres Schnittes die Möglichkeit der Tropfenbildung auch dann noch bestehen, ausserdem sind die beiden zuerst genannten Hilfsmittel dort nicht anwendbar, wo die Glaseindeckung einen zugdichten Abschluss bilden soll. In solchen Fällen ist die Ueberdeckung der Glastafeln in Kitt zu legen, oder es wird zwischen diese eine Wulst aus Staniol eingelegt, Fig. 1752, nach der

Traufe zu etwas gekrümmt und in der Mitte durchlocht, um das Schwitzwasser durchsickern zu lassen, während sie nach dem Firsten zu gekrümmt wird, wenn die Sparren kleine Begleitrinnen haben. In diesem Falle bleibt natürlich das Sickerloch weg und ist die Herstellung einer wirklich luftdichten Fuge möglich. Sonst können auch die früher schon besprochenen Zinkblechstreifen, Fig. 1745, in die Fuge gelegt werden. Sehr zweckmässig ist auch die in Fig. 1752 b dargestellte Form; die obere Glastafel ruht auf einzelnen kleinen Stegen, zwischen denen das Wasser ungehindert abläuft und zu kleinen Löchern an der Aussenseite gelangt, die durch die Stege nach innen gedeckt werden. Endlich finden eigenartig zugeschnittene, als dreifache Haken gebogene Zinkstreifen, Fig. 1752 c

Fig. 1753.

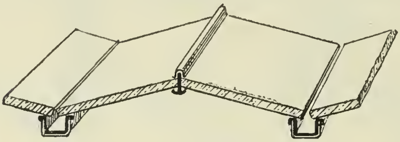


Fig. 1754.

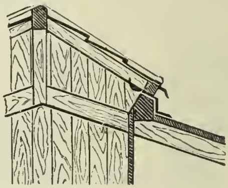


Fig. 1755.

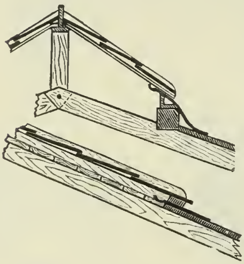


Fig. 1757.

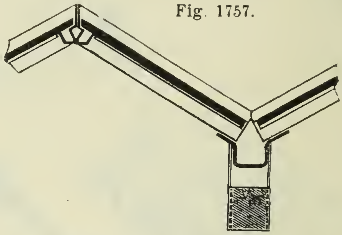
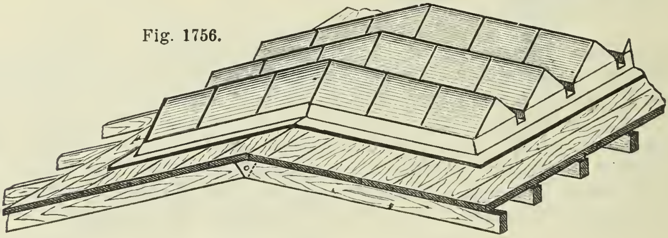


Fig. 1756.



nicht selten Verwendung, der Abstand der Scheibenflächen muss aber dann auf mindestens 4 mm eingerichtet werden. Bei geringeren Neigungen oder sehr dünnem Glas wird häufig auch der untere Rand der überdeckenden Scheibe schief oder als Zacke (Schuppe) geschnitten, damit bei eintretender Durchbiegung eine breitere Ueberdeckung vorhanden sei.

Bei sehr hohen Dachflächen vermeidet man es gern, das gesammte Niederschlagwasser über die ganze Dachfläche zu leiten, auch wenn sie steil angelegt ist, damit beim Bruch oder kleineren Undichtheiten grössere Gefahren für die überdeckten Räume vermieden werden. Es werden dann die Tafeln quer zur Dachneigung, leicht sattelförmig angeordnet und wird für jeden zweiten Sparren ein stark rinnenförmiges Profil angewendet, Fig. 1753.

Von einer sehr geringen Dachneigung kann man sich mit dem Oberlicht dadurch unabhängig machen, dass man dieses zwischen Wangen um das zur genügenden Neigung erforderliche Maass aus der Dachfläche heraushebt, Fig. 1754, 1755, oder indem man es als Sägedach in schmale, quer zur Dachneigung ge-

richtete Satteldächer, jedes von der Höhe der einzelnen Scheibe auflöst, Fig. 1756, 1757. Die zwischen ihnen anzuordnenden Rinnen brauchen dann in der Regel kein stärkeres Gefälle als die Hauptdachfläche zu erhalten.

Eine Weiterbildung dieses Gedankens in kleinem Maasstab stellt das Glas- und Stürzeldach von Spengler in Berlin dar, Fig. 1758. Bei diesem Eindeckungssystem werden 3,5 mm starke Glastafeln, die in Form eines Satteldaches (mit 115° Firstwinkel) gebogen sind, 50 × 49 cm Deckfläche (50 cm ist die Spannweite) enthalten und mit Lagerfuge an den Stössen sich überdecken, zwischen ⊔ förmige Rinnchen aus Zinkblech No. 13 oder Kupfer, die auf die Sparren verlegt werden, auf Filzstreifchen versetzt und sodann mit Messinghaften bezw.

Fig. 1758.

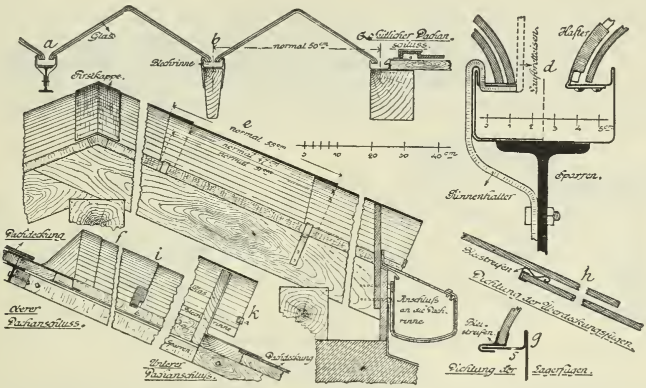
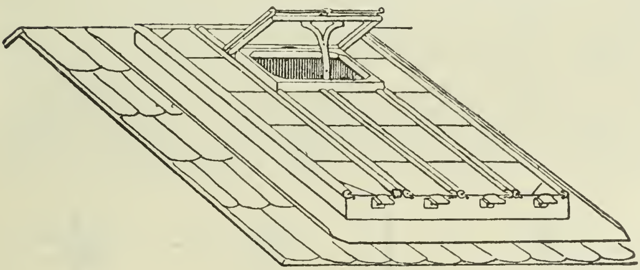


Fig. 1759.



übergebundenem Kupferdraht unverschieblich bezw. gegen Abheben durch Wind befestigt. Es liegen sehr beachtenswerthe, günstige Zeugnisse darüber vor.

Ferner ist hier der Oberlichte aus verbleitem Eisen zu gedenken, die Ph. Jacob Hoffmann in Mainz herstellt und bei denen die Sprossenbildung eigenartig ist, Fig. 1759. Sie werden in Grössen von 1—8 qm Lichtfläche angefertigt und zum theilweisen Oeffnen eingerichtet.

Sind diese Mittel nicht anwendbar, so muss zu treppenförmigen Anlagen gegriffen werden, wobei die Tafeln mit der geringsten Neigung von 1 : 3,5 zwischen rinnenförmigen Sprossen am oberen und unteren Ende, ohne oder mit geringer Ueberdeckung, auf Querrinnen (Pfettenrinnen) lagern, welche in die Rinnensprossen münden, Fig. 1760—1763.

Letztere Ausführungsweise ist, ausser bei Anwendung von mit Holz umkleideten Querrinnen usw., oder von untergehängten Zinkrinnen gefährlich, wenn nach starker Kälte plötzlich feuchtwarme Luft unter das Dach tritt und den Rinnen nach den Rinnensparren hin nicht das Gefälle von mind. 1 : 3,5 gegeben

werden kann. Zugleich wird bei derartiger Anlage der Lichteinfall wohl am erheblichsten beeinträchtigt. Dagegen bietet diese Ausführungsweise den gleichen Vortheil wie die Sägedächer, nämlich, dass einzelne Scheiben ersetzt werden

Fig. 1760.

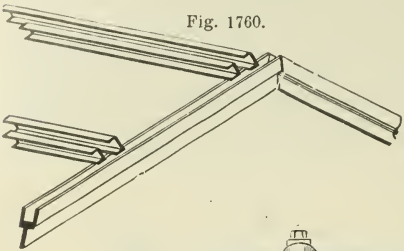


Fig. 1761.

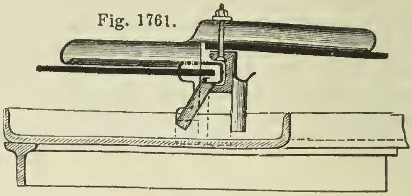


Fig. 1762.

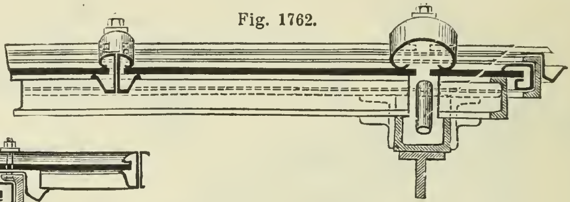
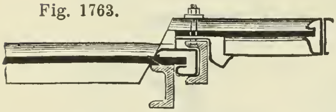


Fig. 1763.



können, ohne die anderen zu berühren und — bei treppenförmiger Kröpfung der Rinnsparren — die Scheiben auf allen vier Seiten ein festes Auflager erhalten, wodurch die Festigkeit entschieden gewinnt.

d. Einzelheiten der Konstruktion.

α. Sprossen.

Die Verarbeitung von Holzsprossen bietet so unverkennbare Vortheile (leichte Bearbeitung und Verbindungsmöglichkeit, geringe Wärmeleitung u. a. m.). dass man neuerdings trotz mancher Nachtheile, die damit verbunden sind, nicht selten auf die in älteren Zeiten allgemein gebräuchliche Herstellung von Hartholzsprossen zurückkommt, wobei von modernen Imprägnirungsverfahren (z. B. Hasselmann) mit Vortheil Gebrauch zu machen ist. Die Konstruktion lässt sich überaus einfach gestalten, wie Fig. 1764 zeigt, wo die eigentliche Sprosse mit zwei Seitenrinnen zur Aufnahme des durch Querrinnen zugeführten Schwitzwassers (vergl. Fig. 1746 S. 740) ausgestattet und an ihrer Oberseite, der Länge und Stärke der Scheiben entsprechend, treppenförmig ausgearbeitet ist. Eine entsprechend ausgearbeitete Deckleiste wird dann über die fertig verlegten Scheiben in Kitt-

Fig. 1764.



Fig. 1765.



Fig. 1766 a u. b.

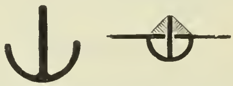


Fig. 1767.



fuge aufgelegt und verschraubt. Dichtheit, Sicherung gegen Abgleiten, sowie Abheben durch Wind wird dadurch einfach und auf's beste erzielt. Da beim nachträglichen Erneuern einzelner Scheiben die Deckleiste wieder abgehoben werden muss, empfiehlt sich zu deren Dichtung die Einlegung von Gummischnüren mehr als die Verkittung.

Für Eisensprossen ist das ⊥ die zweckdienlichste und tragfähigste Grundform, sei es, dass die Glastafeln verkittet werden, oder dass sie eine Kappe aus Zinkblech, wie Fig. 1765, erhalten sollen. Die rinnenartige Unterschneidung mancher ⊥förmigen Sprossenprofile wurde bereits früher als für den Kittauftrag günstig bezeichnet. Für den Zweck, der für die Entstehung dieser Profile maassgebend war, nämlich als Rinne für den Fall der Undichtheit des Kittes zu dienen, sind sie nur benutzbar, wenn sie die in Fig. 1766 u. 1767 ange-

gebenen Formen haben und auch dann nur, wenn die Sprossen nur je eine Scheibenlänge tragen, oder nach Scheibenlängen treppenförmig verkröpft sind, weil anderenfalls die Scheiben nur auf vier Punkten, den zwei oberen, und zwei unteren Ecken Auflager finden. Die ⊥ Sprossen sind besonders werthvoll, wenn sie an einer aussen liegenden Pfette aufgehängt werden können.

Auch das Kreuzeisen findet zu Oberlichtsprossen Verwendung, Fig. 1768, insbesondere bei Konstruktionen, auf deren Unteransicht Werth gelegt wird, oder die Doppelverglasung erhalten sollen, oder die ohne Abtraufgefahr auf einer Substruktion zu befestigen sind. Das im Handel stets vorräthige Kreuzeisen hat 42 mm Gesammthöhe und wiegt für 1 m Meter 2 kg. Geusen in Dortmund stellt Oberlichtsprossen aus gewelltem Blech her, auf denen die Glastafeln mit Filzstreifen gedichtet und durch Federn mittels eigenartig angenieteter Bolzen festgehalten werden, Fig. 1769. Wo man mit dem Licht nicht zu geizen braucht, kann diese Neuerung gut sein. In besonderen Fällen kann es sich empfehlen, die Sprossen wieder aus Flach- und Winkeleisen zusammen zu nieten, wie es vor der Herstellung der besonderen Walzprofile üblich war; sofern ein Obersteg nicht durchaus nothwendig erscheint, indem man die Dichtung durch eine aufgesetzte Kappe bewirkt, die zuweilen noch mit Kittausstrich ergänzt

Fig. 1768.

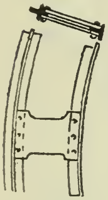


Fig. 1769.

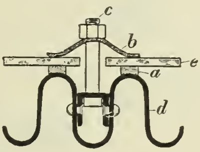
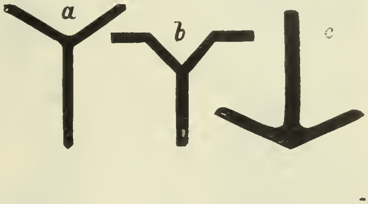


Fig. 1770.



wird, benutzt man sogen. Firsteisen in umgekehrter Lage, Fig. 1770a und b, die dann eine Sicherheitsrinne bilden und zur Aufnahme des Schwitzwassers aus den Stoss- (Ueberdeckungs-) Rinnen leicht angebohrt werden können; wenn der Obersteg nothwendig ist wendet man ebenfalls umgekehrte Firsteisen an, Fig. 1770c. Auch die Form Fig. 1767 ist als Uebergangsform anzusehen. Bei dieser Art Sprossen ist aber immer eine Auffütterung zur Herstellung des Auflagers für die Glastafeln nothwendig.

Walzeiserne Rinnensprossen. Es liegt nahe, bei Anwendung starker Glasplatten das Sprossenprofil vollständig als Rinne auszubilden; man verwendete früher dazu gewöhnliche Rilleisen (Vergl. S. 501 Fig. 1171,) wenn nur eine Tafel in der Dachneigung nothwendig war. Mussten mehrere Tafeln angewendet werden, so bot der Flansch nicht genügend Auflager für den Zwischenschub, oder die Tafeln konnten nur an vier Ecken aufliegen. Darum ging man zunächst zu den Formen des Belag- (Zorès) Eisens über, oder zu der der Rinneisen, Fig. 1171, S. 501. Es geschieht dies unter der Voraussetzung, dass keine Kittfugen und überhaupt keine seitlichen Auflager hergestellt werden, aber der Anschluss von Stossrinnen leicht zu bewerkstelligen ist.

Bei den darnach zumeist angewendeten Konstruktionen, wie sie in den Fig. 1771—1776 und 1778 dargestellt sind, hat sich ein so bedeutendes Abtropfen eingestellt, dass man sich zu den, in den Fig. 1777 und 1779—1782 angegebenen Konstruktionsweisen hat entschliessen, oder auch bei geringen Neigungen, ausser den hier angedeuteten Haften, eine durchgehende Windkappe darüber hat anordnen müssen, wie in den Fig. 1771, 1777 u. 1780 angegeben ist.

Um den keilförmigen Zwischenschub zur fortlaufenden Unterstützung der Glasplatten zu umgehen, hat man bei verschiedenen Bahnhofsbauten usw., z. B. Laterne des Bahnhofes zu Neapel, Fig. 1783, durch schwierige Schmiedearbeit die Rinneisen sägeförmig nach der Lage der Glasplatten verkröpfen lassen. Das ist ein Verfahren, welches dem bei Zinksprossen sachgemäss üblichen nachgeahmt ist, bei Eisen jedoch hohe Kosten bedingt, ausserdem die Tragfähigkeit der

Sprossen, wenn sie nicht auf jedem Kropf unterstützt werden, sehr beeinträchtigt, durch den Gefällwechsel auch stärkeres Abtropfen hervorruft.

Fig. 1771 a.

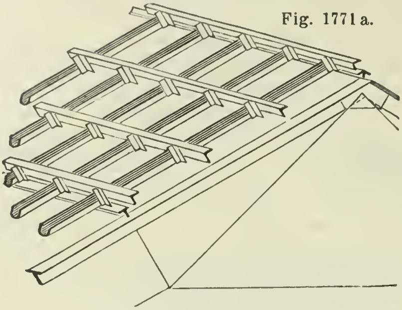


Fig. 1771 b.

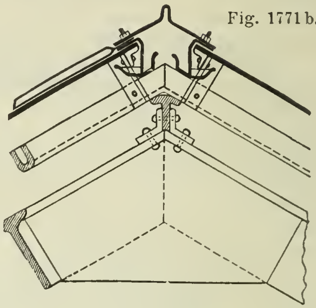


Fig. 1772.

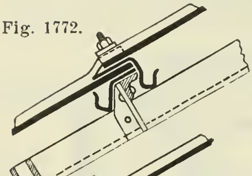


Fig. 1774.

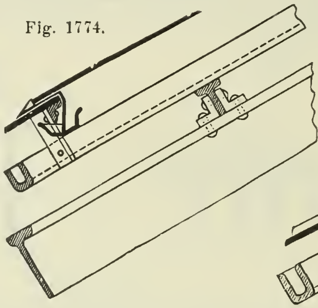
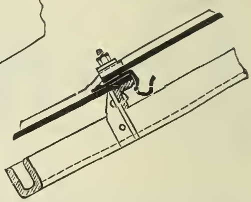


Fig. 1775.



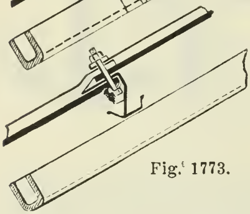


Fig. 1773.

Fig. 1776.

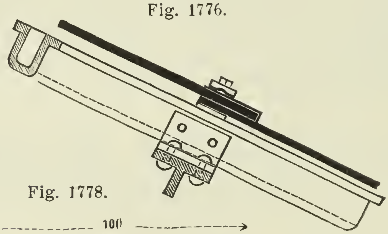


Fig. 1777.

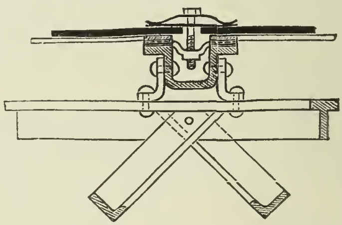


Fig. 1778.

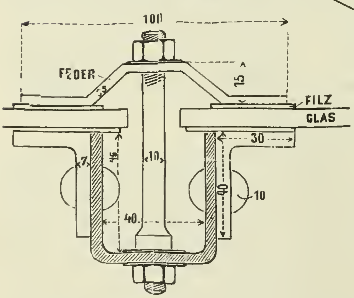


Fig. 1779.

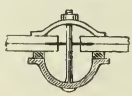
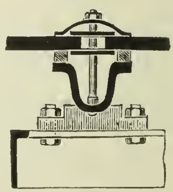


Fig. 1780.



Nur wenn weder der Kostenpunkt noch die Bedingung der Sicherheit gegen Abtropfen inbetracht kommen, dürfte solche Ausführungsweise sich empfehlen. In allen anderen Fällen ist aber die Anwendung von Einschub- (Lager-) Leisten anzurathen (siehe Dichtungen).

Sprossen aus Zinkblech, mit oder ohne tragenden Kern aus Holz oder Eisen, sowie aus verzinktem oder verbleitem Eisenblech.

Die Verwendung des Zinkbleches zu Oberlichtsprossen mit der Absicht, den Temperaturschwankungen weniger Masse darzubieten, bezw. ihrer schädigenden Einwirkung auf Materialien verschiedener Ausdehnung durch einen vermittelnden Stoff vorzubeugen, ist alt und heute, angesichts der zahlreichen Anstalten für Verzinkung und Verbleiung des Eisenblechs vielleicht — veraltet. Berechtigt ist sie allenfalls, wo sie einen tragenden Kern (aus Holz oder Eisen), sowie die Verkittung entbehren kann. Immerhin sollen derartige Anordnungen in einigen Beispielen dargestellt werden. Fig. 1784 und 1785 sind Formen, wie sie zu gewöhnlichen Standfenstern, aber auch zu inneren Oberlichten, Fig. 1786 und 1787 solche, welche zu gewöhnlichen kleineren Dachlichten verwendet werden.

Fig. 1782.

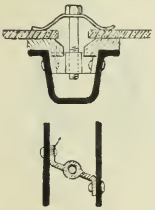


Fig. 1781.

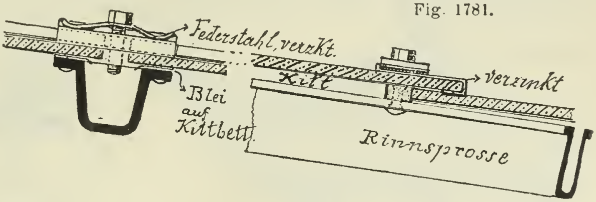


Fig. 1783.

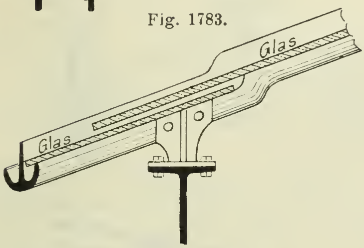


Fig. 1787.

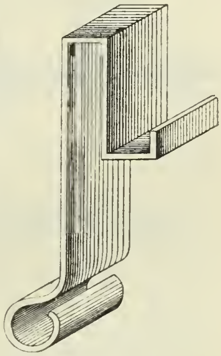


Fig. 1786.

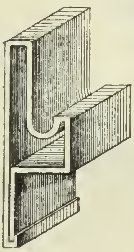


Fig. 1784.

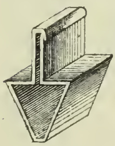
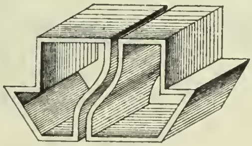


Fig. 1785.



In Fig. 1788a ist eine eintheilige Zinksprosse mit doppelter Schwitzwasser-Rinne — ohne Kern — wie sie nur für geringere Längen anwendbar ist, dargestellt, während die zugehörigen Fig. b und c dieselbe, jedoch zweitheilige Sprosse, b mit niedrigem, c mit hohem Kern aus Flacheisen darstellen; diese Form ist für Verkittung bestimmt. Fig. 1789 stellt eine zweitheilige Zinksprosse dar, a ohne, b mit Flacheisen, c mit ⊥ Eisen-Kern. Diese Form, welche gleichzeitig eine Kappe bildet, bedarf der Verkittung nicht, da sie vermöge der Elastizität der Kappe dicht schliesst; sie muss aber seitlich eingeschoben werden, wodurch ihre Anwendung ebenso sehr eingeschränkt ist, als dadurch, dass über die Fuge ein Streifen Blech nachträglich verlöthet und schliesslich der Ersatz zerbrochener Scheiben geradezu unmöglich wird.

Fig. 1790 endlich zeigt eines der jüngsten derartigen Gebilde. Die unteren Theile der Zinksprosse mit doppelter Rinne sind an einen verzinkten Flacheisen-Kern angelöthet, während die — besonders gefertigte — Dichtkappe auf den Kern aufgeschraubt ist. Näheres über diese im Naturhistorischen Museum in Berlin angewendete Sprosse folgt weiterhin. (S. 752.)

In Fig. 1791 ist die Fussauflagerung derartiger Sprossen dargestellt, welche natürlich verlöthet werden muss, um einer Verkantung vorzubeugen.

Die Zinksprossen werden in der Regel fabrikmässig „gezogen", können aber auch von jedem tüchtigen Klempner angefertigt werden. Einige der besseren Formen sind patentirt; doch ist die Giltigkeit der meisten der bezügl. Patente in Deutschland sehr zweifelhaft.

Dem Zinkblech in mehrfacher Hinsicht überlegen erweisen sich Scheddach- und Oberlicht-Sprossen aus verzinktem oder verbleitem Eisenblech. Als Profile können zwar fast alle für Zink bestimmten Formen verwendet werden, besonders empfehlenswerth erscheint aber die von R. O. Leutert & Co. in Münster i. W. in Längen bis zu 2,85 m aus einem Stück hergestellte Form, Fig. 1792.

Die Anwendung von Pfettensprossen, von der bereits Fig. 1760—1763, S. 744 Beispiele gaben, führt fast immer zu umständlichen Zwischenkonstruktionen

Fig 1791.

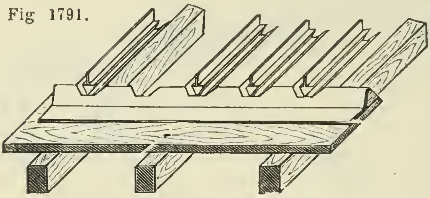


Fig. 1788 a—c.

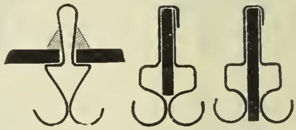


Fig. 1790.



Fig. 1789 a—c.



Fig. 1792.

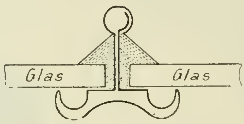
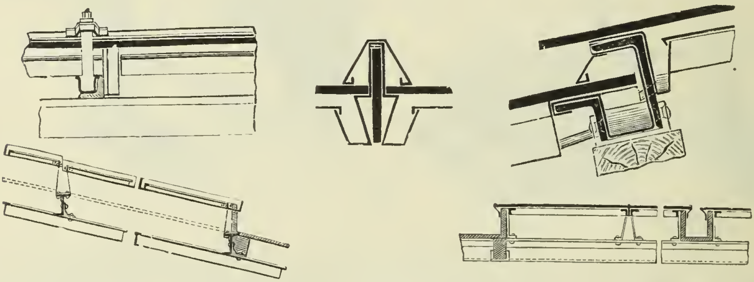


Fig. 1793 a—e. Von den Oberlichtsälen im alten Museum Berlin.



und Verbindungen, die namentlich wegen ihres Zusammenhanges mit Glas bedenklich sind. Sie kommen nur bei der Verwendung von Roh- oder Drahtglas, namentlich zu dem Zweck infrage, um zwischen den Bindersprossen mit leichteren, von Pfette zu Pfette reichenden Rinnensprossen auszukommen. Dabei kann man, nach Fig. 1771—1776, S. 746, auf seitliche Auflagerung ganz verzichten, oder die Zwischensprossen treppenförmig zwischen den Pfettensprossen anordnen, vergl. ausser Fig. 1760—1763, S. 744 auch Fig. 1793a—e. Legt man bei der Pfettenanordnung — mit Recht — ein Hauptgewicht auf deren rinnenförmige Gestaltung, so muss die in Fig. 1775, S. 746 dargestellte als ungenügend und auch die in Fig. 1772 hinsichtlich des Abtropfens als unzuverlässig bezeichnet werden; auch Fig. 1763, S. 744 mit der sehr umständlichen Zwischenlagerung einer ganz unzugänglichen Flachrinne (wobei zudem das Glas unmittelbar auf dem Eisen liegt) kann als vollkommene Lösung nicht bezeichnet werden; empfehlenswerth erscheinen hingegen die Anordnungen nach Fig. 1773 und 1774,

S. 746. Nach alledem werden Pfettensprossen, die wirklich tragen sollen, thunlichst zu vermeiden sein; etwas anderes ist es mit den mitunter ebenso benannten rinnenförmigen Quersprossen, die zu den blossen Dichtungen gehören, wo sie besprochen werden.

β. Firste.

Gleiche Aufmerksamkeit wie die Pfetten erfordern die natürlich unvermeidlichen Firstkonstruktionen, die in verschiedener Weise ausgeführt werden können. Die einfachste ist die mit Anordnung eines Flacheisens zwischen den von beiden Seiten hier endenden Sprossen- (also meist ⊥) Eisen; die Glastafeln stossen mit ihrem oberen Rand an dieses Flacheisen an, werden hier verkittet und durch eine Firstkappe aus Zinkblech oder Winkeleisen (auf dem oberen Rand des

Fig. 1794.



Fig. 1795.



Fig. 1796.





Fig. 1797.

Fig. 1799.

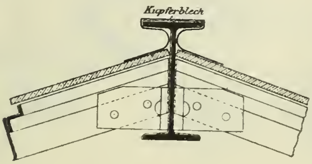
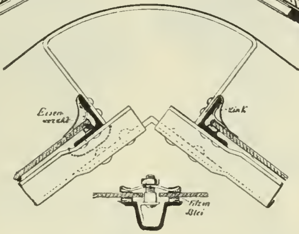


Fig. 1798.



Flacheisens festgeschraubt) überdeckt. Die Schrauben- oder Nietköpfe sind durch übergebogene oder aufgelöthete Blechstreifen zu schützen. — Fast noch einfacher gestaltet sich die Konstruktion bei einem als Firstpfette unter- oder übergelegten Winkeleisen, Fig. 1794 und 1795, in beiden Fällen ist freilich eine untergehängte Firstrinne kaum zu vermeiden. Etwas schwieriger gestaltet sich die Ausbildung, wenn die Firstpfette aus **T** Eisen gebildet wird, Fig. 1796 und 1797. Wo die eine Dachfläche der starken Erwärmung durch Sonnenstrahlen ausgesetzt ist, kann es rathsam erscheinen, den First gelenkartig beweglich zu konstruiren, wie die Fig. 1798 erkennen lässt. Für Dachwerke, bei denen schwerere Eisentheile den First stützen, kann die Anordnung nach Fig. 1799 oder, mit Zuhilfenahme von Holzdeckleisten, nach Fig. 1800a und b erfolgen; in solchen Fällen wird aber der First oft auch flach als schmaler Laufsteg angelegt, um das Dach leicht beaufsichtigen und reinigen zu können. Bei den Glasdächern des Dresdener Bahnhofes handelte es sich um einen 50 cm breiten Lüftungsschlitz am First, der aber mit Wellblech überdeckt werden sollte. Fig. 1801a und b zeigt, in welcher Weise beiderseits die Glasdeckung abschliesst und der Dachreiter getragen wird.

γ. Schutzmittel gegen Abgleiten und Abheben.

Die in einfachen Fällen gebräuchlichsten derartigen Mittel, die auch bereits genannt wurden sind der dreieckige Kittstreifen, die aufgelegte Holzleiste und der übergebundene Kupferdraht. Verstärkt wird deren Wirkung durch Stifte oder Zapfen, Fig. 1802, quer durch ein Loch im Obersteg der Sparren oder Sprosseneisen gesteckt und beiderseits die Oberseite der Glastafel niederhaltend. Um diese Sicherung elastisch zu gestalten, kann ein kleines Polster von Kitt, Filz oder ein zusammengebogenes Federband, Fig. 1803 a und b, dazwischen gebracht werden. Ferner können, besonders bei dünnen Scheiben, Haken aus starkem Zink- oder besser Kupferblech (verzinnt oder verzinkt) als Schutz gegen das Abheben an diesen Stiften oder in sonst geigneter Weise befestigt werden.

Fig. 1804 a und b und Fig. 1805. Bei gekrümmten Dachflächen oder wo die Glasplatten sehr steil stehen, werden an die Obersprossen kleine Winkel an-

Fig. 1800 a und b.

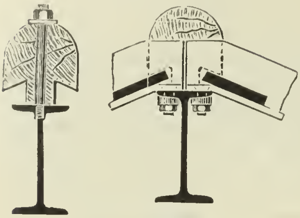
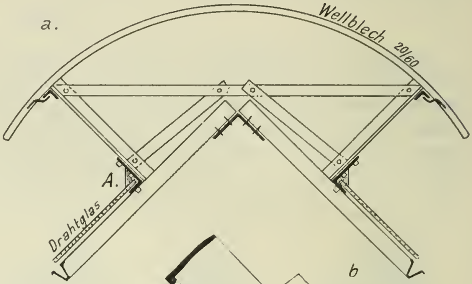


Fig. 1801.



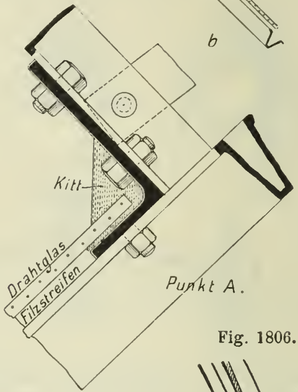


Fig. 1803 a und b.

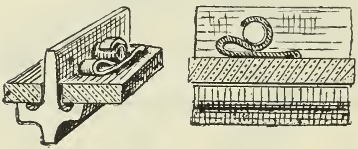


Fig. 1802.

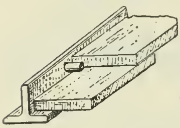


Fig. 1804 a und b.

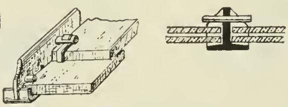
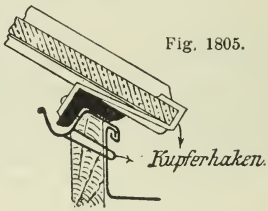


Fig. 1806.



Fig. 1805.



genietet oder geschraubt, auf denen die Glasplatten ruhen bezw. durch die sie gegen Kippen gesichert werden, Fig. 1806. Elastische Federbänder mit Bolzen, die bereits bei Fig. 1803 erwähnt wurden, sind besonders bei Rinnensprossen gebräuchlich, vergl. Fig. 1805, weil hier die Adhäsion durch den Kitt fehlt. Bei Zinksprossen werden anstatt der Haken kleine Nasen eingelöthet, die das Abgleiten verhüten. Bei der Verwendung von Quersprossen von der in Fig. 1776, S. 746 und Fig. 1752, S. 741 dargestellten Art sind weitere Sicherungen entbehrlich, wenn die Quer- mit den Hauptsprossen fest verbunden werden; das gleiche gilt bei der Verwendung der sogleich zu beschreibenden Dichtungskappen.

δ. Dichtung der Sprossen und Rinnfugen.

Nur in seltenen Fällen, etwa bei kleineren oder steileren Oberlichten, verlässt man sich auf die Verkittung allein, häufig begnügt man sich mit aufgelegten Kappen aus Zink- oder Kupferblech, mit Holzleisten, die mit Zinkblech ummantelt sind, mit Filzstreifen, die in Paraffin getränkt oder mit dünnem Bleiblech umwickelt sind oder auch mit Streifen von Falzblei. Derartige Dichtungen sind in den Fig. 1761—1767, sowie 1777—1782, 1789 a—c, 1790, 1792, Fig. 1807—1814, S. 751, dargestellt, wobei auch das Kalfatern (mit theergetränktem Werg), Fig. 1808, nicht fehlt. Jedenfalls sollte es vermieden werden, Glas unmittelbar auf Eisen zu verlegen. Um ein Hohlliegen der Glastafeln an den seitlichen

Rändern zu vermeiden, können Rinnsprossen aus Blech, der Lage der Tafeln entsprechend, gebogen oder abgetreppt werden, meist muss aber ein gutes Kittbett genügen, wobei Keile aus Eisen, Holz oder gefalztem Zinkblech nachhelfen. Von dem mehrerwähnten Kröpfen der eisernen Rinnsprossen ist wegen der Schwierigkeit dieser Arbeit besser abzusehen. Grosse, gut ausgefallene neuere Ausführungen machen auf diesem Gebiet meist eine zeitlang Schule und dürfen

Fig. 1807.



Fig. 1808.

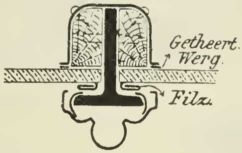


Fig. 1809.

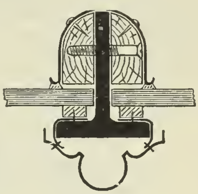


Fig. 1810.

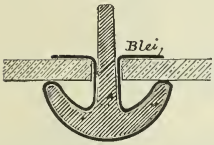


Fig. 1811 a und b.

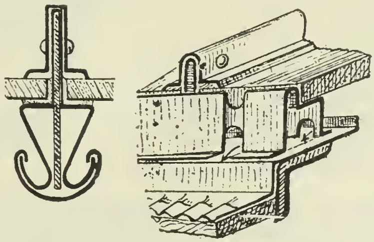


Fig. 1812.

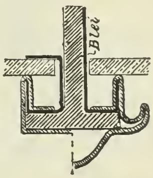


Fig. 1813 a und b.

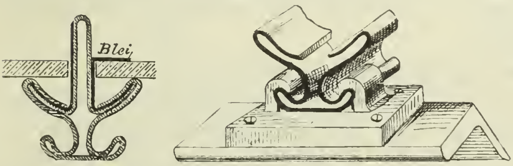


Fig 1815.

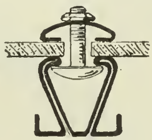


Fig. 1816.

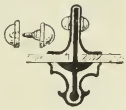
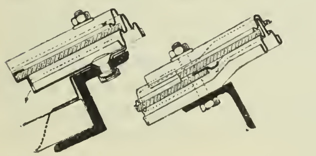


Fig. 1814.





bei ähnlichen Aufgaben vom Architekten nicht unbeachtet bleiben, die nachfolgende Uebersicht einiger Sprossensysteme beansprucht deshalb mehr historisches Interesse:

Fig. 1807: Braby. Holzkern mit Zink-Rinnmantel und aufgeschraubter Dichtkappe;

Fig. 1808 und 1809: Ostbahnhof Berlin. Eiserne ⊥ Sprossen mit keilförmiger Bettung von Filz und mit aufgeschraubten Latten, darüber Dichtkappe;

Fig. 1810: Mackenzie. Eisensprosse mit Blei umwickelt, letzteres mit Leinölfirniss aufgeklebt; auf den Auflagern dünnes Kittbett;

Fig. 1811: Hayes. b zeigt die Fusslagerung und deren Dichtung. Die inneren Abflussöffnungen stehen den äusseren nicht unmittelbar gegenüber;

Fig. 1812: Pennycook. ⊥ Eisen mit Zink umhüllt und mit Bleieinlage;

Fig. 1813: Pennycook. Zweitheilig mit Bleidichtung; b zugehöriges Stühlchen aus Zink;

Fig. 1814 a—c: Helliwell. Ohne Zwischen-Dichtung; d Anschluss an Wellblech; e Fussabschluss; f Stossüberdeckungen mit Querrinne;

Fig. 1815: Rendle („Unrivalled"). Ohne Zwischen-Dichtung.

Fig. 1816: Shelley („Unique"). Desgl.

Fig. 1788 a, 1792, S. 748, 1810, 1812 u. 1813 auf voriger Seite, ohne Stossüberdeckung, mit Dichtung nach 1745 a—d, S. 739, zumeist durch Kitt.

ε. Dichtung der Ueberdeckungsfugen.

In der Hauptsache ist dieser Gegenstand schon im Zusammenhang mit den Pfetten- und Quersprossen, Fig. 1745, 1746, 1752, 1761, 1771—1775, 1793, besprochen worden; nachgetragen seien hier die Fig. 1817 (Naturhistorisches Museum) und Fig. 1818 (Zoologisches Museum, beide in Berlin).

Fig. 1817 a und b.

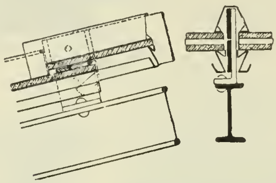


Fig. 1818 a—c.

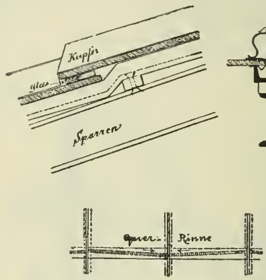


Fig. 1818 c lässt denselben Grundgedanken wie Fig. 1752 a erkennen, nur ist hier der Metallstreifen, wegen zu befürchtender Verdunkelung, durch einen schrägliegenden mit Wasserglas zwischengekitteten Glasstreifen ersetzt.

Auch bei sorgfältig ausgedachten Konstruktionen treten an den Stellen, wo Pfetten die Binder, oder Sparren die Pfetten kreuzen, häufig Tropfenbildungen auf. In vielen Fällen wären sie bei Anwendunug von Y förmigen Profilen bei der Bildung der Pfetten oder der Binder-Obergurtungen oder auch durch kleine zwischengenietete Rinnen, die das Tropfwasser aufnehmen und allmählich verdunsten lassen, zu vermeiden.

ζ. Anschlüsse der Glasdächer an die Rinnen,

an andere Dachdeckungen und an senkrechte Wände oder Mauern.

Eine grundsätzliche Erörterung kann entbehrt werden mit Rücksicht auf die betr. Angaben im Abschnitt über Klempnerarbeiten. Die Fig. 1819 a—c, sowie die in den angezogenen Beispielen gegebenen dürften genügende Fingerzeige für den einzelnen Fall enthalten.

Fig. 1820 a und b stellt die Art dar, wie beim neuen Personenbahnhof in Dresden-Neustadt die Glasdächer sich an die mit Plattformen überdeckten Seitenhallen anschliessen. Die Deckenkonstruktion (aus Bimsbeton) ist kehlenartig bis unter die Traufe herauf gezogen und mit Doppelpappdach und verzinktem Eisenblech abgedeckt. Das Blech ist oben so aufgebogen, dass es den Hohlraum gegen Schnee und Regen abschliesst. In Fig. 1821 c ist auch der zugehörige Sprossenquerschnitt nebst Befestigung der Glasplatten dargestellt. Es sei hier nur noch eine in Deutschland wenig angewandte Art von Zweispitznägeln mitgetheilt, Fig. 1822, welche in verschiedenen Grössen aus Eisenblech geschnitten werden, und welche ausserordentlich bequeme Hilfen bieten bei Befestigung der Rinnbettungen, wie der Rinnen selbst, der Ueberdeckstreifen von Maueranschlüssen usw. Näher hierauf einzugehen mangelt der Raum.

η. Einige besondere Systeme der Glasdeckung.

In Fig. 1823 a—c ist die etwas umständliche Göller'sche Glasdeckung dargestellt, zu deren Erklärung kurz folgendes bemerkt sei. Bereits in der Werkstatt werden die Glasscheiben an den Rändern unterseitig mit 0,5—0,7 mm starken Walzbleistreifen (mittels Firniss) beklebt. Die Breite derselben ist so zu bemessen,

dass sie über den Sprossensteg weg gebogen werden können. Unter den Bleistreifen wird (gleichfalls mit Firniss) ein dünner Glasstreifen, so breit wie das Sprossenauflager, geklebt, und diese Lagen werden durch kleine Zinkblechklammern (mit Schellack- und Bleiglättekitt) zusammengehalten. Die Tafeln werden dann in Kitt und mit etwa 4 cm gleichfalls gekitteter Ueberdeckung verlegt. Gegen das Abheben und Abgleiten dienen aus Zinn gebogene aufgeschraubte Dichtkappen. In die noch frische Ueberdeckungsfuge werden abgekantete Zinkbleche eingeschoben, die das

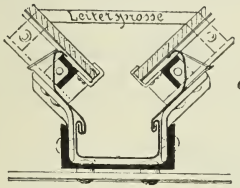
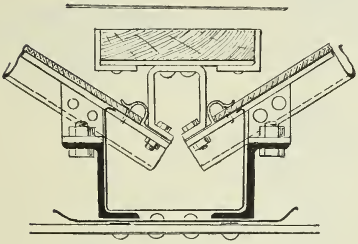


Fig. 1819 a—c.



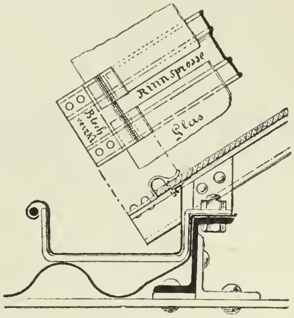
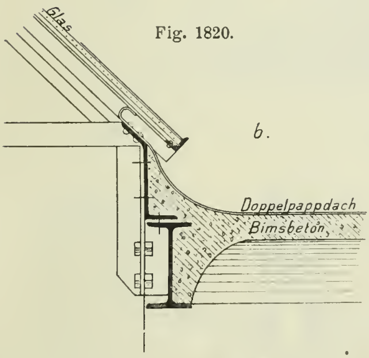


Fig. 1820.

Fig. 1820.



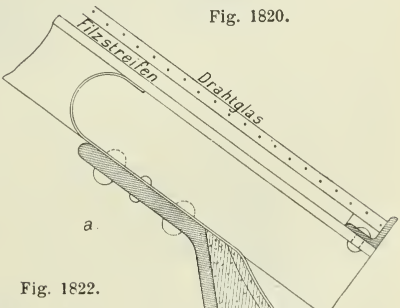
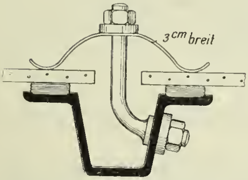


Fig. 1822.



Fig. 1821.



Schwitzwasser sicher in die untergehängte Rinne leiten. Die Kittbettung besteht aus zwei Schichten, zwischen welche eine Lage zusammengefaltetes Zinnpapier (die Falte nach aussen) eingelegt wird. Die hohen Kosten dürften auf eine Verwendung nur bei sehr grossen Glastafeln hinweisen, indessen sollen gute Erfahrungen mit der Göller'schen Glasdeckung vorliegen.

Die Glasdeckung Anti-Pluvius. Fr. Basse Nachf. in Kassel, führt eine eigenartige Glasdach-Konstruktion aus, eine Weiterentwicklung des beim Reichtagsgebäude angewendeten Systems, das auf richtiger Beobachtung der häufigsten Uebelstände und deren Vermeidung beruht und hier kurz beschrieben werden soll. Er werwendet als Träger eine (von ihm Anti-Pluvius benannte) Sprosse von U förmigem Querschnitt, die zugleich als Hauptrinne dient, vergl. Fig. 1824 a. In diese Träger sind in Abständen von 50—55 cm Brückchen eingesetzt (und seitlich mit ihnen verschraubt), die auf ihrem Rücken eine Schiene

tragen, auf der (mittels zwischengelegten Filzstreifens) die Glastafeln ihr seitliches Auflager erhalten. Die Schiene ist schmäler als die Rinne, sodass etwa an der Schiene sich bildendes Tropfwasser von dieser aufgenommen wird. Ueber die Glasränder wird gleichfalls ein Filzstreifen verlegt und durch ein beiderseits schräg abgekantetes Deckblech gehalten, vergl. Fig. 1824b. Zur Befestigung dieses Deckbleches dienen Stehbolzen, die in die oben erwähnten Brückchen ein-

Fig. 1823 a–c.

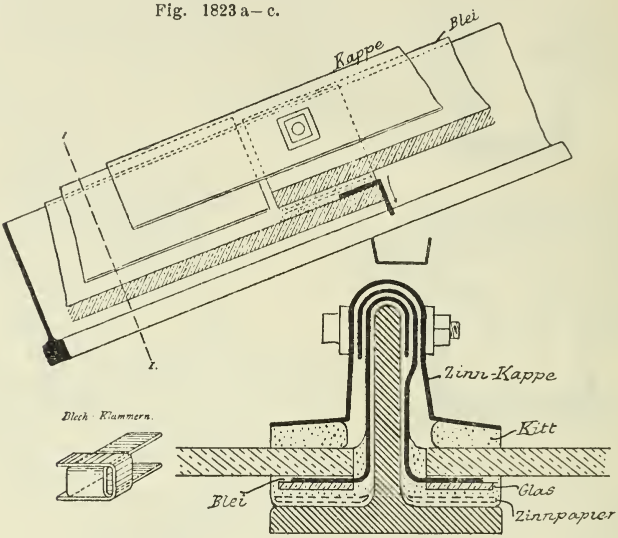
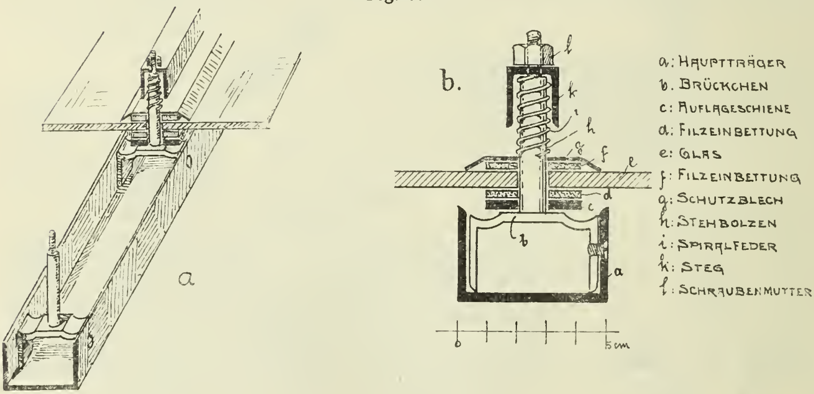


Fig. 1824.

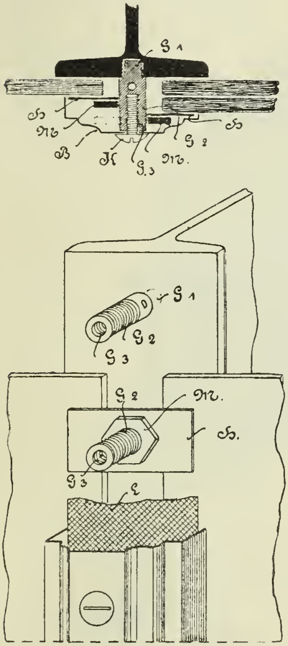


geschraubt sind, das Deckblech durchdringen und um die eine Spiralfeder aus stahlhartem Nickeldraht gewunden ist. Das obere Ende der Feder stüzt sich gegen einen auf den Stehbolzen aufgesteckten U förmigen Belastungssteg, der auf seitlich am Bolzen angebrachten Zapfen freitragend ruht und hauptsächlich den Zweck hat, einen provisorischen Belag zum Zwecke des Begehens des Glasdaches aufzunehmen. Die Vortheile sind hauptsächlich folgende: Wegfall aller Verkittung, freie Lagerung der Hauptsprosse (Träger) im Innenraum, sodass sich an ihr kein Niederschlag bildet, bruchsichere und nachgiebige Lagerung der

Glastafeln, Uebertragung zufälliger Belastung (durch das Begehen) unmittelbar auf die eisernen Sprossen, vollkommen unabhängig von den Glastafeln. Endlich gestaltet sich die Ueberdeckung längerer Glastafeln dadurch sehr einfach, dass die Glasauflagerschiene der unteren Scheiben um deren Dicke tiefer gelegt wird, sodass am Stoss Glas auf Glas bündig zu liegen kommt. — Das Basse'sche System dürfte namentlich dort, wo kein inneres Oberlicht angebracht wird, sich empfehlen.*)

Eine andere (patentirte) Neuerung in der Herstellung von Oberlichten, Glasdächern (und auch Glaswänden) ist die Doppel-Panzer-Verglasung**) von C. H. Ulrich in Charlottenburg, vergl. Fig. 1825a und b. Dabei werden zwei Lagen Glas über- bezw. hintereinander verwendet, von denen die äussere auf die Oberseite des Flansches der I-Träger, die innere zwischen die Stege auf die unteren Flanschen aufgelegt wird. Da alle Scheiben mit schuppenartiger Ueberdeckung und satt in Kitt gelegt werden, entsteht dadurch ein abgeschlossener, gegen Wärme und Kälte isolirender Luftraum; als weiterer Vortheil wird hervorgehoben, dass die Eisenkonstruktion (wenigstens nach aussen) ganz mit Glas überdeckt und dadurch dem Rosten entzogen wird. Zugleich betont der Fabrikant, dass er alle erforderlichen Arbeiten (Schlosser, Klempner, Glaser, Anstrich usw.) selbst ausführt, was allerdings für gutes Gelingen nicht unwesentlich ist. Die Abbildung stellt die besondere Anbringung der inneren Verglasung dar. Nachdem die aus I förmigen Sparren bestehende Dachkonstruktion aufgestellt und die äussere Glasung eingelegt ist, wird eine mit Gewinden G_1 G_2 G_3 versehene Schraube, Abb. a, mittels des Gewindes G_1 in entsprechenden Entfernungen in die vorher hergestellten Bohrungen der Unterseite der unteren Sparrenflansche geschraubt, wobei gleichzeitig ein Filz- oder Gummistreifen als weiches Auflager für die Glastafeln mit befestigt werden kann. Sodann werden die Glastafeln, deren Ueberdeckungsstellen zwecks Dichtung vorher mit einem Filzstreifen beklebt sind gegen die Unterflansche der Träger gedrückt und mittels einer Blechplatte H und Mutter M auf dem Gewindetheil G_2 in richtiger Lage festgehalten.

Fig. 1825a und b.



Ist die innere Glasdecke so angebracht, dann werden die sich ergebenden Längsstösse mit imprägnirter Leinwand L, Abb. b, beklebt, um sie staubdicht zu machen. Diese Leinwandstreifen wiederum, sowie gleichzeitig der noch hervortretende Schraubentheil G_2 können mit einer polirten Holz- oder lackirten Blechleiste B bekleidet werden, zu deren Befestigung eine in dem inneren Schraubengang G_3 laufende Schraube K dient.

Die Beschreibung der für doppelte Verglasung eingerichteten Achille Tassain'schen Eisenkonstruktion findet sich in der Baugew. Zeit. No. 53, 1902.

e. Oberlichte für Walm- und Zeltdächer (Kuppeln).

Die Walmbildung wird erschwert einmal durch die Gestaltung der Gratsprosse und deren Anschluss an den First, und dann durch das Schiefschneiden der Glastafeln.

Da die Glasplatten jedenfalls ein ihrer Fläche paralleles Auflager erhalten müssen, so muss entweder der Lagerflansch der Gratsprosse von Haus aus nach

*) Eine eingehende Besprechung enthält No. 23 des Centralbl. d. Bauverw. 1902.
**) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1902, S. 39.

jeder Seite mit der Walmfläche zusammenfallen, was bei Verwendung von Y förmigen Profilen manchmal glücken wird, oder das eine Auflager wird durch (keilförmige) Zwischenschubstücke passend gestaltet. Auch mit schiefwinkligen

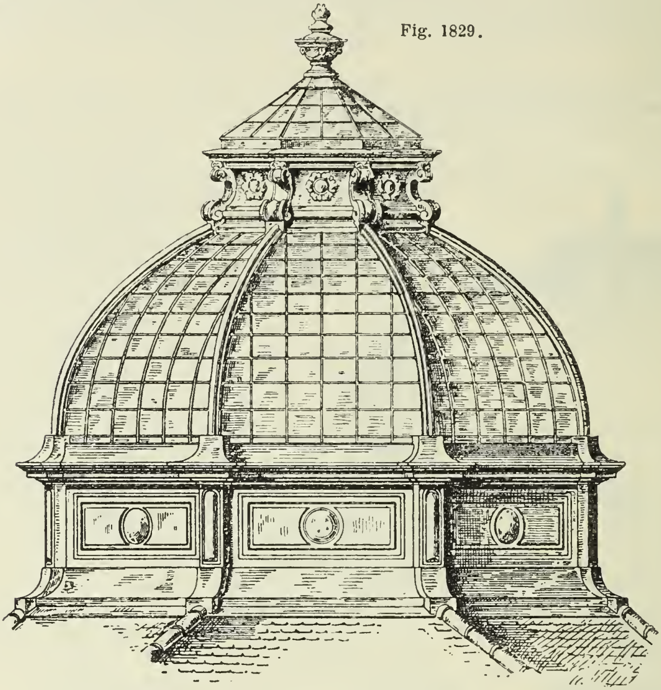


Fig. 1829.

Fig. 1826.

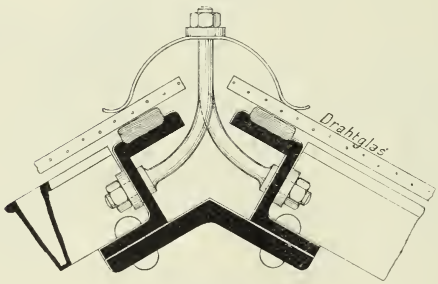


Fig. 1828.

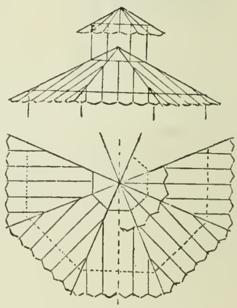
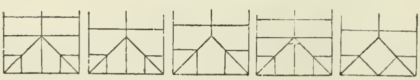


Fig. 1827 a—e.



L Eisen, sowohl einfach wie namentlich verdoppelt, mit Zuhilfenahme von keilförmigen Futterstücken, lassen sich die erforderlichen Profile herstellen; für geringe Längen ist auch das Quetschen fertiger, ungefähr entsprechender Profileisen, möglich. Zinksprossen setzen der Anpassung an die verschiedenen Walmflächen keine Schwierigkeit entgegen; auch Rinnensprossen können nach Erforderniss auseinander gebogen werden, indessen wird die Dichtung der Gratsparren durch Kitt, u. Umst. mit Filzstreifen, in der Regel

vorzuziehen sein. Fig. 1826 zeigt die Gratanordnung bei den verglasten Walmdächern des Personen-Bahnhofes in Dresden-Neustadt. Die Verbindung zwischen Gratsparren und First ist nach Fig. 1827 b, c, d, am leichtesten herzustellen; d sollte nur im Nothfall angewendet, a aber jedenfalls vermieden werden.

Der Schiefschnitt der Tafeln lässt sich durch Schiefstellung der Sprossen an der Walmseite wenigstens theilweise vermeiden; denselben Zweck und grössere Sicherheit gegen Bruch erreicht man durch Einsetzen der Spitzen als besondere kleinere Stücke (mit Ueberdeckung).

Das bisher Gesagte gilt im allgemeinen gleichmässig auch für die Zeltdächer; bleibt an der Traufe die Dachrinne weg, so werden hier die Scheibenränder flach abgerundet oder im stumpfen Winkel zugeschnitten. Es entspricht sehr oft dem Zweck oder der Architektur, den Scheitel

Fig. 1831.

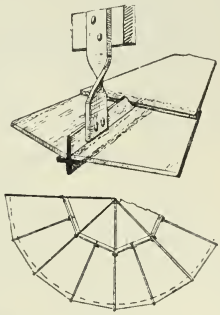
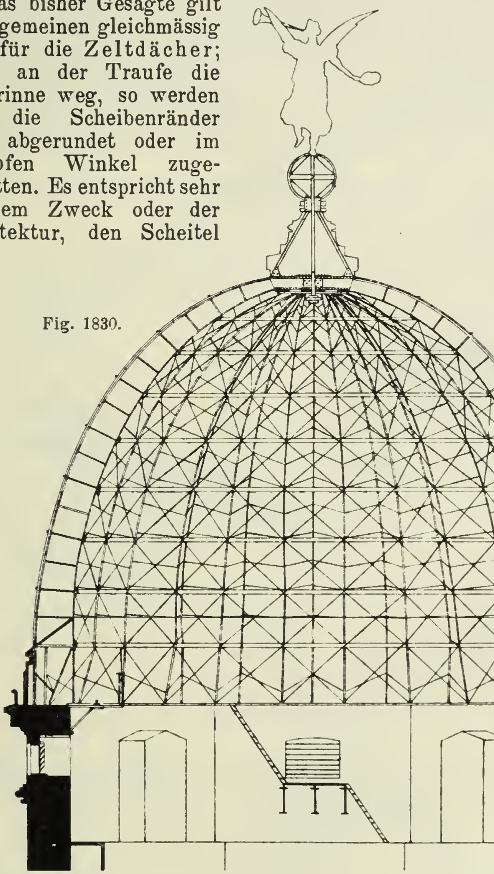


Fig. 1830.




mit einer Laterne zu bekrönen, Fig. 1828, in welchem Falle dann blos die Gratsparren bis zum Zusammentreffen durchgeführt zu werden brauchen, die Zwischensprossen aber ausgewechselt werden können.

Bei Zeltdächern über rundem Unterbau wird schon aus tektonischen Rücksichten meist eine Krümmung der Sparren (als Kuppel) dem Kegeldache vorgezogen werden. Um zu den üblichen Deckweisen gelangen zu können, macht sich dann meist auch die Krümmung der Scheiben erforderlich, Fig. 1829, eine der Kuppeln vom Dresdener Ausstellungsgebäude darstellend, obschon bei Krümmungen nach grossem Halbmesser zur Noth auch mit geraden Tafeln verglast werden kann, vergl. Fig. 1806, S. 750.

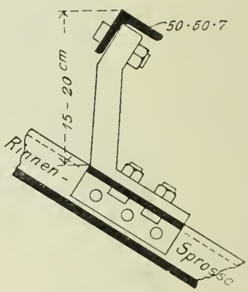
Bei der Kuppel über dem akademischen Ausstellungsgebäude in Dresden, Fig. 1830, sollte die Möglichkeit unmittelbar einfallenden Sonnen-

lichtes verhütet werden; sie wurde deshalb aus lauter Kugelausschnitten zusammengesetzt, von denen jeder aus einem nach dem Scheitel aufsteigenden, gekrümmten und sich entsprechend verjüngenden Satteldach gebildet wird. Dabei ergaben sich zur Verglasung lauter gerade Tafeln, in den entstehenden Kehlen aber gefährliche Schnee- und Eiswinkel und ein etwas barockes Aussehen. Bei dem neuen Provinzial-Museum in Hannover beschränkte sich Stier darauf, die Kalotte der grossen Kuppel nach dem Dresdener Prinzip herzustellen. Bei Zelt- oder Kuppeldächern, die von unten gesehen werden sollen, würde ein Anbringen der Pfetten unter der Verglasung häufig zu störenden Einbauten Anlass geben. Die tragenden Theile werden dann viel ungenierter darüber angebracht und von den Gratsparren aus gestützt, während die Zwischensparren an diese gestützten Pfetten angehängt werden; Fig. 1831. Den Scheitel bildet eine Haube aus Metall oder geblasenem Glas; treffen hier die Sparren sternförmig zusammen, so ist ein Traufbecken unterzuhängen, um die Schwitzwassertropfen aufzunehmen; die Ablaufrinnchen lassen sich architektonisch maskiren.

f. Schutz gegen das Zerbrechen bezw. Herabfallen zerbrochener Scheiben.

Dächer, deren unbefugtes Betreten nicht schon durch ihre Lage oder Steilheit ausgeschlossen erscheint, die von höher gelegenen Bautheilen (durch Dachziegel, Schneestürze usw.) getroffen werden können oder die nicht mit hagelsicherem oder unzerbrechlichem (Draht-) Glas eingedeckt sind, müssen in mässigem Abstand darüber mit einem Schneeschutzgitter überspannt werden. Dazu wird am besten ein kräftiger (1,5 mm starker) Eisendraht in 2 cm weiten Maschen geflochten, sodann verzinkt und zwischen verzinkten Winkeleisen-Rahmen angebracht. Messingdraht ist zu dem Zweck wegen Brüchigwerden ganz ungeeignet; vielleicht liesse sich aber das Streckmetall dazu verwenden. Auch wo kein Schutzgitter nöthig erscheint, kann sich doch die Umwehrung einer flachen Glasdecke mit einem Abschlussgitter oder Vergitterung der dorthin führenden Fenster empfehlen, damit sie z. B. nach einem Schneefall nicht versehentlich betreten wird. Ausser dem sind sichere Stützpunkte zum Auflegen von Laufbrettern oder Leitern vorzusehen, damit Reparatur- oder Reinigungsarbeiten ohne Gefahr für Mensch und Dach vorgenommen werden können. Mit Rücksicht hierauf sind, Fig. 1832, zu den Bindersprossen so hochprofilige Eisen gewählt worden, um eine Leiter darüber schieben zu können, auch das Anti-Pluvius-System, S. 753 trägt diesem Erforderniss ganz besonders Rechnung. Häufig werden auch die Rinnen zur Aufnahme eines Laufsteges eingerichtet, Fig. 1819, S. 753. Hinsichtlich der Schneeschutzgitter wird auf S. 542 verwiesen.

Fig. 1832.



Um das Betreten der Dachfläche behufs Beseitigen der Schneedecke entbehrlich zu machen, dürfte sich beim Vorhandensein einer Dampfheizung die Anbringung einiger Heizrohre unter der Dachfläche empfehlen; ein bezüglicher Versuch ist u. W. noch nicht gemacht worden.

In seltenen Fällen wird es rathsamer erscheinen, das Schutznetz anstatt über, unter der Glasfläche anzubringen, um etwaige Bruchstücke von Scheiben aufzufangen. Es kann dann aus schwächerem Draht und mit grösseren Maschen angefertigt werden und wird am zweckmässigsten in einzelnen Feldern zum Herabklappen einzurichten sein.

g. Einige grössere Beispiele von Glasdeckungen.

Was S. 738 über die Deckungsmethoden gesagt wurde ist noch dahin zu ergänzen, dass sie auch von den Anforderungen abhängig sind, die an die verschiedenen Oberlichte gestellt werden. Bei Bahnhofshallen z. B. begnügte

man sich früher (vergl. Fig. 1833) mit angemessener Stossüberdeckung der Rohglasplatten, die auf den rinnenförmigen Sparren mit Haften festgehalten werden. Die Sparren ruhen abwechselnd auf Ober- und Unterflansch der U förmigen Pfetten; zu den ungedichteten Fugen zieht zwar der Lokomotivrauch hinaus, aber leider auch der Schnee herein und die Abkühlung bildet hier das Tropfwasser doppelt schnell.

Das Gegenstück dazu bilden die Ansprüche, die bei Museen und Sammlungen, Konzertsälen usw. an Oberlichte gestellt werden. Die Gleichmässigkeit der Innentemperatur schützt diese vor übermässiger Abkühlung, der Zutritt von feuchtwarmer Luft kann durch richtig gewählte Ventilationsanlagen

Fig. 1833.

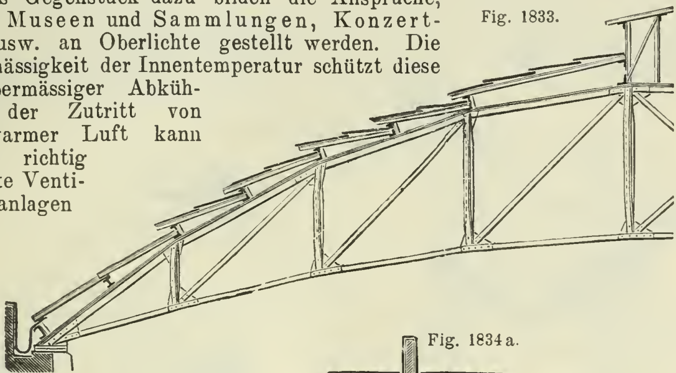


Fig. 1834 a.

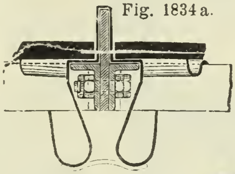


Fig. 1834 b.

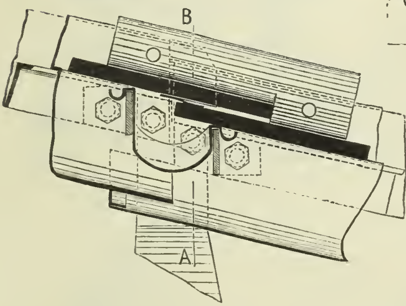


Fig. 1834 c.

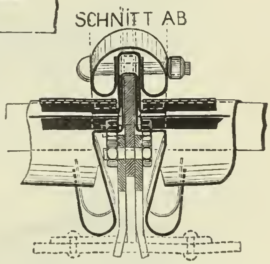


Fig. 1834 d.

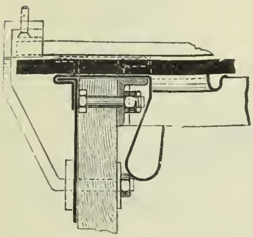


Fig. 1834 e.

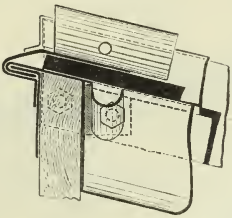
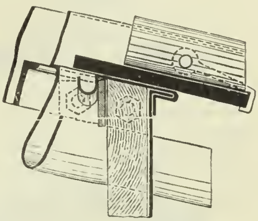


Fig. 1834 f.



verhütet werden. Unter diesen Voraussetzungen sind die grossen Oberlichtkonstruktionen der Berliner Nationalgallerie, Fig. 1834 a—f entworfen worden. Fig. 1834 a stellt den gewöhnlichen Querschnitt, c an der Ueberdeckungsstelle zweier Platten, b den Längsschnitt an derselben Stelle dar, während d, e und f obere bezw. untere Endigungen der Oberlichtflächen wiedergeben. Es wird besonders auf die in Fig. 1834 b—f dargestellten Sicherungen gegen Schlagregen und Schneetreiben, sowie gegen das Abheben von Glastafeln aufmerksam gemacht. Bei demselben Museum befindet sich noch eine andere Art von (sägedachartigen) Oberlichten, die als einzelne Satteldächer, zum First

quer gerichtet, über diesen hinweg reichen (wie Fig. 1756, S. 742), deren Konstruktionseinzelheiten in den Fig. 1835 a—f dargestellt sind. Fig. 1835 a giebt einen Längsschnitt im First des Daches, Fig. b die Ausbildung des

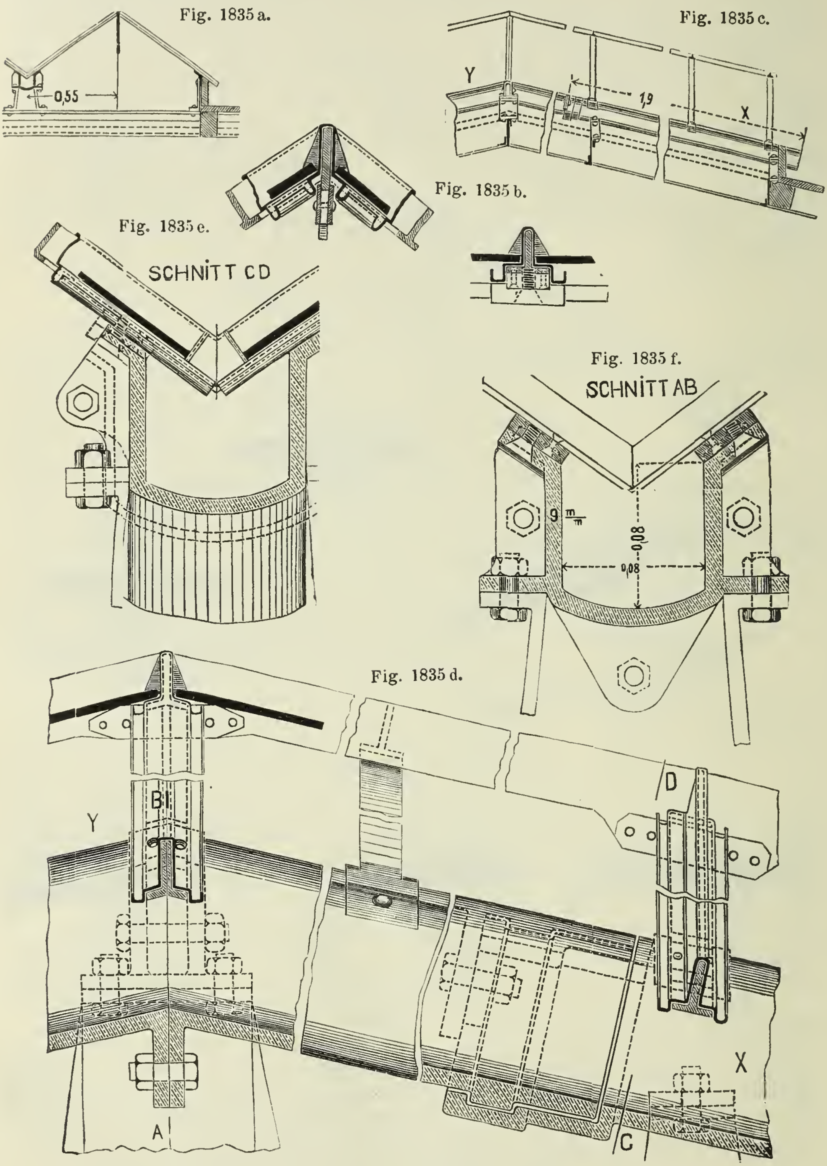


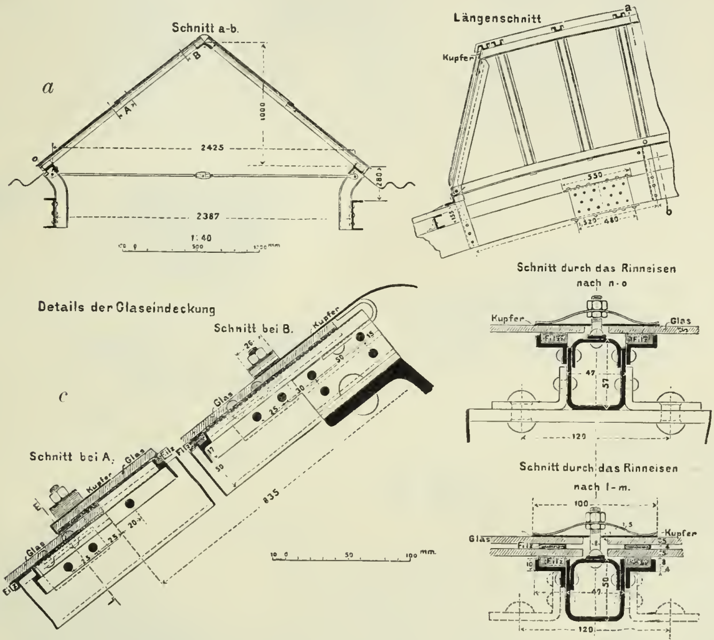
Fig. 1835 a. Fig. 1835 b. Fig. 1835 c. Fig. 1835 d. Fig. 1835 e. Fig. 1835 f.

Scheitelknotenpunktes mit eingelegtem Flacheisen, sowie die Ausbildung der ⊥ förmigen Sprossen mit Zinkummantelung in Rinnenform wieder. Fig. 1835 c zeigt den Querschnitt des Oberlichtes und d desgl. in grösserem Maasstabe.

In den Kehlen liegen gusseiserne Rinnen, die in Fig. e und f in zwei Schnitten dargestellt sind.

Besondere Anforderungen an die Ausbildung des Oberlichtes stellen die grossen Hallenbauten, wie sie für Ausstellungszwecke und namentlich für unsere Bahnhofshallen in den letzten 20 Jahren in grosser Zahl entstanden sind. Falls bei diesen Konstruktionen die obere Dachfläche nicht als einfaches Satteldach mit ausreichender Neigung ausgebildet sind oder wie bei den Beispielen der Ausstellungshalle für die schönen Künste bezw. die Maschinenhalle auf der Weltausstellung 1889 zu Paris (vergl. S. 680 und 681) trotz der Bogenform der Binder eine nur wenig gekrümmte Satteldachfläche zeigen, ist man fast durchweg dazu übergegangen, die Oberlichte als sägeförmige, aus der Dachfläche heraustretende kleine Dach-

Fig. 1836 a—e.



konstruktionen und zwar zumeist im Scheitel des Hallendaches liegend, herzustellen, wobei, falls es sich um Bogenbinder mit Gelenken handelte, Vorkehrungen zu treffen sind, dass durch diese Aufbauten die Bewegungsfreiheit des Scheitelgelenkes der Hallen nicht beeinträchtigt wird. (Seltener findet sich die Anordnung wie beim Kölner Hauptbahnhofe, S. 683, dass die sägeförmigen Oberlichte beiderseits des Scheitels, unterbrochen von einer Lüftungslaterne, angeordnet werden).

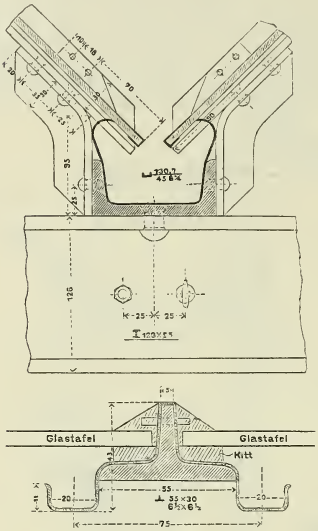
Als Beispiele derartiger Oberlichte seien einige Anordnungen von der Berliner Stadteisenbahn angeführt.*)

Fig. 1836a—e giebt die Anordnung des Oberlichtes auf der Halle des Bahnhofes Börse wieder. Diese Ausbildung ist typisch für alle Zwischenbahnhöfe, bei denen das Hallendach als Blechbogen ohne Gelenke mit Zugstange gebildet wird. Hier machen sich die Deformationen des Hallendaches auch in der Konstruktion des Oberlichtes in höherem Maasse geltend als bei den Gelenkbogen. Demzufolge sind die Glasplatten auch ohne jede Anwendung von Kitt verlegt. Wie aus den Fig. a und b ersichtlich ist, werden die 2,43 m weit-

*) Vergl. Zeitschr. f. Bauwesen 1884/85 bezw. den Sonderdruck: Die Bauten der Berliner Stadteisenbahn.

gespannten kleinen Satteldächer des Oberlichtes durch Stützen mit den ⊏ förmigen Sparren des Daches verbunden. Sie werden gebildet aus den U förmigen Sprosseneisen, die im Scheitel und an den Traufkanten durch je ein L Eisen verbunden sind und eine Spannstange. Bemerkenswerth ist die Querschnitts-

Fig. 1837 a und b.



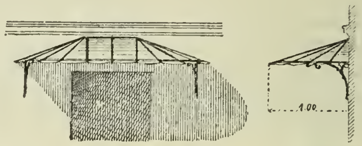
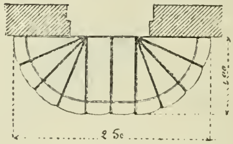


Fig. 1838.



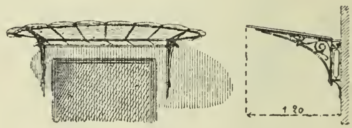


Fig. 1839.

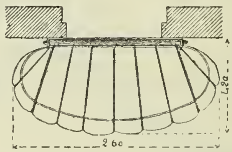


Fig 1841.

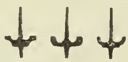
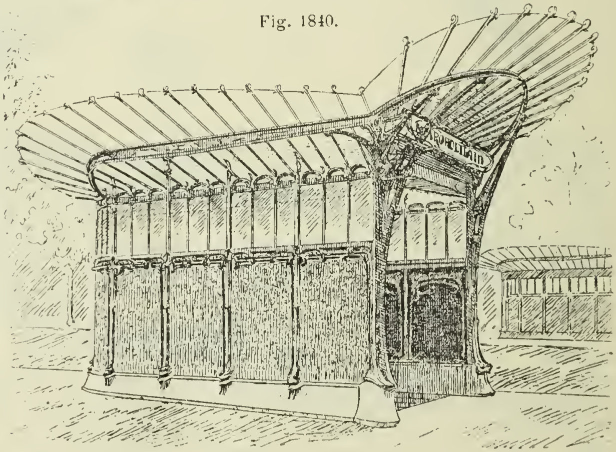


Fig. 1840.



bildung der Rinneisen, Fig. d und e. Dieselben sind aus einem U Eisen und zwei ⌐L Eisen zusammengesetzt. Letztere besäumen die oberen Ränder der ersteren aber nicht parallel dazu, sondern so abweichend, dass an den Ueberdeckungsstellen der Glasplatten bei *A*, Fig. a und c, Absätze gleich der Dicke der Glasplatte entstehen. Die 0,85 zu 0,50 m grossen, 5 mm starken Glasplatten aus geblasenem Glas (glatter als das gegossene, welches stets eine rauhe Seite hat, also den Schmutz fester hält) liegen auf den Rinneisen unter Vermittlung eines in dünnes Blei gehüllten Filzstreifens auf und werden durch Kupferhaken am

Herabrutschen, durch federnde Bügel am Abheben gehindert. Die Scheitel der Sägedächer sind mit Kupferhauben abgedeckt.

Fig. 1837 a und b giebt die Ausbildung des Oberlichtes wieder, wie sie gleichartig bei den grossen Hallen des Bahnhofes Alexanderplatz und Friedrichstrasse ausgeführt worden ist. (Schlesischer Bahnhof hat eine besondere Oberlichtlaterne mit einfachem Satteldach, vergl. Fig. 1558a, S. 674.)

Fig. 1842 a und b.

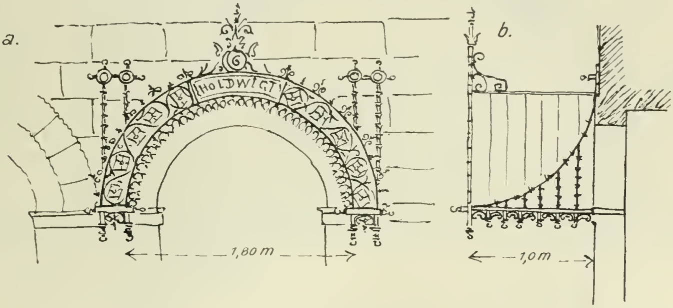


Fig. 1843 b und c.

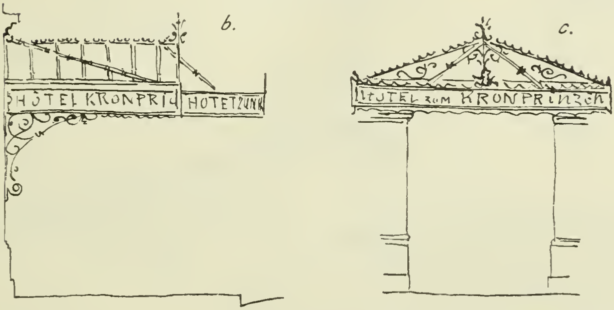
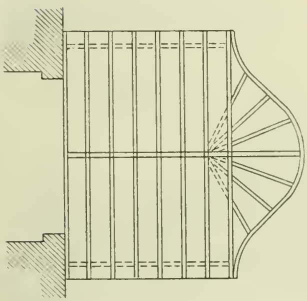


Fig. 1843 a.



Wie Fig. 1563b, S. 678, zeigt, liegen zwischen den Doppelbindern je fünf sägeförmige Oberlichte, während die Fläche über den Bindern mit Wellblech gedeckt ist. Die Oberlichte haben 14,42 ^{m} Länge und 1,46 ^{m} Stützweite von Mitte zu Mitte Zwischenrinne, sie ruhen auf den I Pfetten des Daches und sind aus einfachen ⊥ förmigen Sprossen gebildet, die im Scheitel durch ein L Eisen verbunden sind, während ihre Füsse an die ⊔ förmige Rinne anschliessen, wie Fig. a zeigt. Ueber den Sprosseneisen liegt ein rinnenförmiger Zinkmantel, Fig. b. Die 5 ^{mm} starken Glasplatten sind in einfachen Kittfalzen verlegt, gegen Abgleiten durch Zinkhaken, gegen Abheben durch Stifte geschützt, die quer durch den Steg der Sprosseneisen gesteckt sind.

Als vollständige Glas-Eisendächer werden häufig die Schutzdächer (über Hausthüren) von Privatbauten hergestellt, und zwar in der Weise, dass die Glaseindeckung die tragende Konstruktion vollständig beschirmt. Vergl. die Beispiele in Fig. 1838—1840. Darunter stellt Fig. 1840 die Ueberdeckung einiger Eingänge der „Métropolitain" (Untergrundbahn) in Paris dar. Die Scheiben sind hier aus farbigem Glas hergestellt, die zu der Tönung des Eisens passen.

(Die Wände sind mit bunt emaillirten Gusseisenplatten geschlossen.) Zu solchen Schutzdächern sind sehr lange Tafeln von bedeutender Stärke und entsprechendem Gewicht erforderlich; zu den Sprossen werden stark unterschnittene Profile,

Fig. 1844 b.

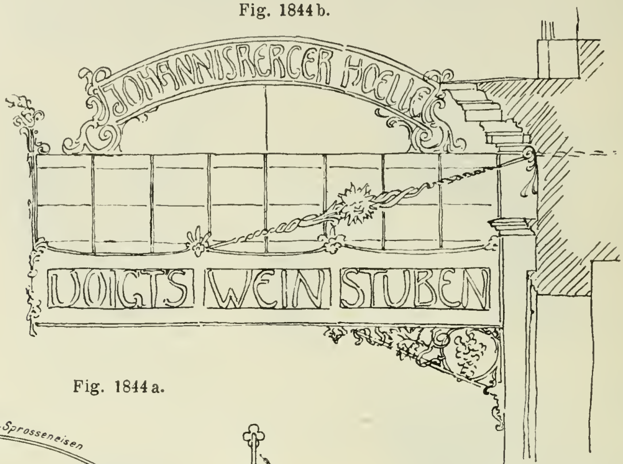


Fig. 1844 a.

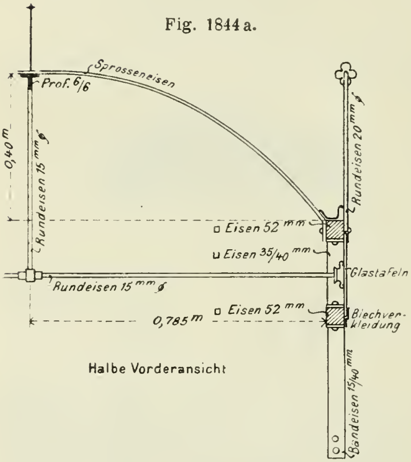


Fig. 1845 b.

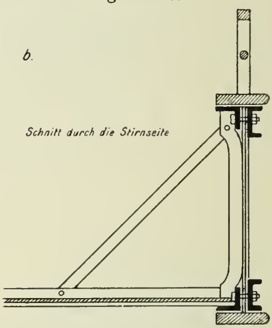


Fig. 1845 a.

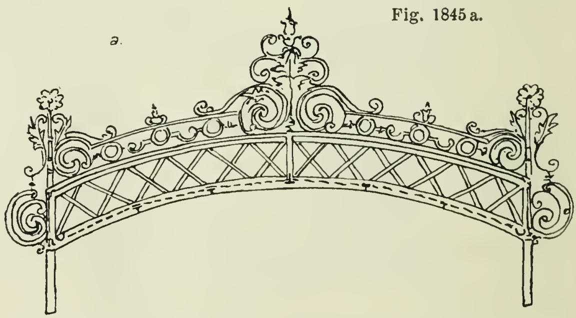


Fig. 1841 a—c, gewählt, wie auch die sonstige Anordnung dem Abtropfen thunlichst vorbeugen soll.

Die äussersten Platten (auf beiden Seiten) werden zum Schutz gegen das Abheben mittels Schräubchen (mit untergelegtem Bleiplättchen) auf der (gebogenen) Pfette befestigt; die Scheibe wird zu dem Zweck durchbohrt. Sehr häufig erhalten diese Schutzdächer eine segmentbogen- oder tonnenförmige Gestalt; die Rinnen liegen an den beiden Langseiten, oft hinter bunten Glasscheiben, welche

die Firma tragen und Abends von der Rückseite elektrisch beleuchtet werden. Zuweilen wird auch auf den Scheitel des gewölbten Schutzdaches eine lange Firmenlaterne, quer zur Strassenrichtung gesetzt, oder das ganze Vordach erhält mehr den Charakter eines Glaskastens mit Firmenaufschrift und Innenbeleuchtung. Wo die Höhe über der Gangbahn für eine kräftige Substruktion nicht ausreicht, muss die Aufhängung an Zugstangen erfolgen, wofür namentlich Fig. 1842 a und b ein interessantes Beispiel (eines Kettenhängewerks) giebt; auch Fig. 1843 a—c und Fig. 1844 a und b mit dem kombinirten System ist eine für bedeutende Ausladungen empfehlenswerthe Lösung. Fig. 1845 a zeigt eine geschickte Verwendung des Gitterträgermotivs für dekorativen Zweck in Verbindung mit Transparentverglasung (sammt dem Schnitt durch die Stirnseite Fig. 1845 b).

Eine früher unbekannte Vordacheinrichtung mit Luxfer-Prismenscheiben, die als wirksamer Tageslichtreflektor über Schaufenstern in engen Strassen Anwendung findet, stellt Fig. 1846 a und b dar. (Vergl. die folgenden Mittheilungen über diese Glasart.)

Fig. 1846. Vorderansicht.

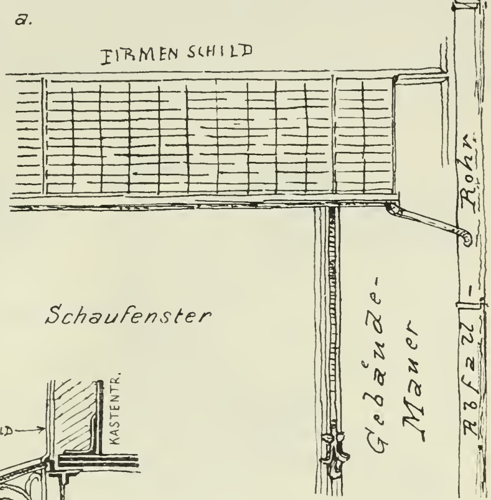
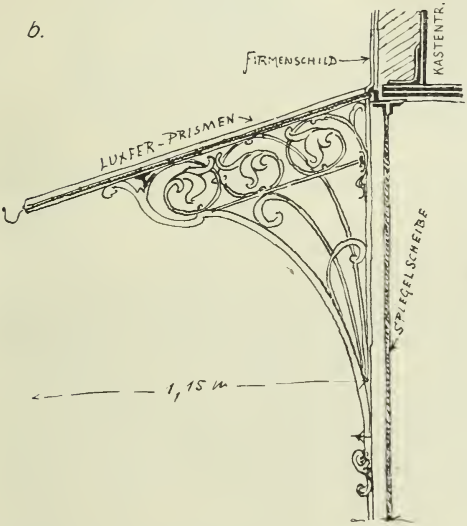


Fig. 1846.



h. Deckung mit geformten Glasziegeln.

Eine früher mehrfach ausgeführte Deckung mit besonders geformten, gegossenen Glasziegeln ist in Fig. 1847 a und b dargestellt. Die dazugehörige Verbindung von Eisen, Holz und Glas kann nicht anders als umständlich genannt werden, auch Reparaturen sind schwierig ausführbar. Ueberaus einfach gestaltet sich die Eindeckung bei Verwendung gläserner Bieberschwanzziegel, die von verschiedenen Glashütten (u. a. Sächs. Glaswerke in Deuben-Dresden) in Normalformat hergestellt werden, sodass sie im regelmässigen Verband mit gebrannten Ziegeln eingedeckt werden können. Die lichtraubenden Latten werden dann, wenigstens bei den Glasziegeln, durch schwache ∟ oder ⊏ Eisen ersetzt.

i. Innere Oberlichte.

Ihre Anordnung erfolgt entweder lediglich aus ästhetischen Gründen (um die Ansicht des Dachwerks zu verdecken), oder aus praktischen Rücksichten (um

den unteren Raum besser erwärmen zu können; um feuchte, warme Luft am Niederschlagbilden zu verhindern, oder um gegen das Abtropfen des oberen Glasdaches unbedingt gesichert zu sein). Je nach diesen Gesichtspunkten wird die Konstruktion leichter oder schwerer, vorwiegend gefällig oder dicht, mit Holz- oder Metallsprossen auszuführen sein.

Das Rahmwerk der innern Oberlichte kann aus Holz-, Zink- oder Eisensprossen von ⊥ oder +, seltener von I Form gebildet sein, bei welcher Scheiben-Auswechselung schwerer ist, Fig. 1848; oft wird ⊥ Eisen angewendet, bei welcher Form die Scheiben übergelagert und mit Blei verfalzt werden. Bei stärkerer Abkühlung werden Schwitzwasserrinnen unentbehrlich; und zwar ist in solchem Falle auch auf Beschlag der oberen Flächen zu rechnen. Vortheilhaft ist es dann, auch dem Rahmwerk eine kleine Wölbung nach oben zu geben. Sorgfältige Verkittung, Bleifalze und leichte untere Rinnen werden im Falle des Abtropfens

Fig. 1847 a und b.

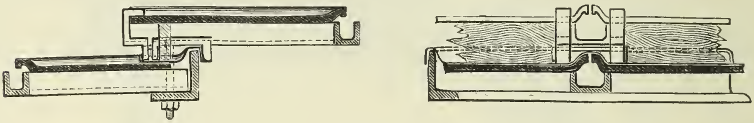
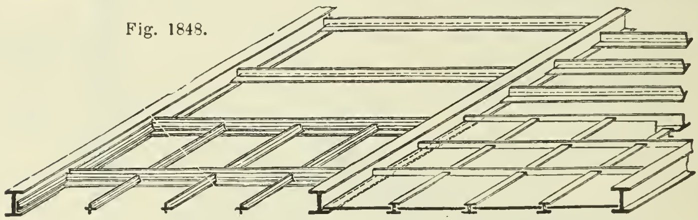


Fig. 1848.



des äusseren Lichtes gute Dienste thun. Ist dergleichen zu befürchten, so muss das innere Oberlicht über die Decke hinaus gehoben werden, um Schwitzwasser über dieser ableiten zu können.

Bei sehr grossen Oberlichten kann es von Vortheil sein, das Rahmwerk aufzuhängen, um nicht übermässig starke Sprossen zu verwenden. Dann wird man wohl daran thun, vom Aufhängen an das Dach Abstand zu nehmen, falls dieses aus Holz konstruirt ist; doch wird die Hängekonstruktion, je höher dieselbe über der Glasfläche liegt um so weniger störend wirken.

Im übrigen bietet die voran geschickte Besprechung der verschiedenen Sprossen- und Pfettensysteme reichlich Anhalte. (Vergl. auch die betr. Beispiele im Abschnitt Dächer und Dachkonstruktionen, sowie namentlich auch Fig. 1858, S. 771.)

Ein oft zu empfindender Mangel ist das Fehlen von Lüftungsklappen in den inneren Oberlichten, die sich doch namentlich im Sommer sowie während der Pausen (z. B. in Konzert- oder Tanzsälen) sehr wohlthätig erweisen. Ihre Bethätigung kann mittels Drahtseil und Rolle sehr leicht vom unteren Raume aus erfolgen.

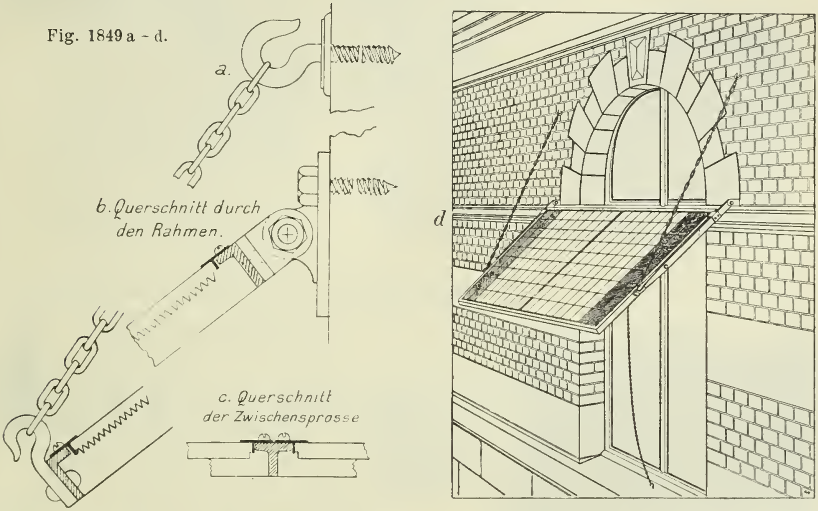
Gewisse Zwecke lassen die zeitweilige vollständige Verdunkelung eines Oberlichtes nothwendig erscheinen (z. B. bei einem Operationssaal); in solchen Fällen rollt sich eine schwarze Filzdecke mittels Vorgelege und Kettenzug unmittelbar über dem Oberlicht-Rahmwerk ab bezw. wieder auf. (Neue Frauenklinik in Dresden.)

k. Prismen-Oberlichte.

Die Eigenschaft eines Glasprismas, den einfallenden Lichtstrahl je nach dem Winkel der Glasflächen abzulenken, hat sich die neuere Glasindustrie in mehrfacher Weise zu dem Zwecke nutzbar gemacht, reines Zenithlicht durch Ablenken und Zerstreuen solchen Räumen zuzuführen, die ausschliesslich oder doch in ihren hinteren Theilen auf seitlichen Lichteinfall angewiesen sind. Namentlich gebührt

dem Deutschen Luxfer-Prismen-Syndikat in Berlin das Verdienst, die Frage der geeignetsten Anordnung systematisch und mit wissenschaftlicher Gründlichkeit gelöst zu haben. Die Glasplatten von etwa 8 mm Stärke sind an der Aussenseite mit dreikantigen Furchen durchzogen, vergl. Fig. 1132, S. 479, sodass sie im Querschnitt die Form eines Sägeblatts haben. Je nach dem Neigungswinkel der „Zähne" lenkt die Platte das Licht weniger oder stärker von seinem Einfallswinkel ab. Eine weitere Besonderheit dieser Fabrikate ist die Metallfassung derartiger und anderer Glasscheiben, die in einem Kupferbad elektrolytisch bewirkte „Elektroverglasung", welche die Scheiben mit Hilfe lose dazwischen gelegter Kupferstreifen, an welche sich im Kupferbade ein Wulst ansetzt, vergl. Fig. 1131, S. 479, so fest einrahmt, dass sie, etwa durch die Hitze zersprungen, doch noch geschlossen zusammenhalten. (Vergl. Hauptabschnitt IV, S. 479)*). Die solcherart zusammengebundenen Glasflächen können dann, wie in Fig. 1849 a—d**) dargestellt, als lichtzuführende Schutzdächer über

Fig. 1849 a - d.



Schaufenstern in engen Gassen angebracht (vergl. Fig. 1846 a und b) oder nach Belieben mit eisernen Thür- oder Fensterkonstruktionen, wie sie S. 518 u. ff. beschrieben wurden, vereinigt werden.

Ebenso lassen sich auch schräge und wagrechte Oberlichte in Dächern und Decken verglasen. Zu den letzteren (wagrechten) Oberlichten gehören auch die begeh- bezw. befahrbahren Glasfliesen- und Multiprismen-Oberlichte in schmiedeisernen bezw. gusseisernen Rahmen.

Die Glasfliesen sind rechteckige, bis zu 36 cm im Quadrat grosse, an der Unterseite mit Diamantquadern versehene, 20—35 mm starke Platten aus weissem Glas, Fig. 1850. Da die flachen Prismen der Unterfläche die Strahlen nicht unter starkem Winkel ableiten, so kommen sie hauptsächlich da zur Anwendung, wo das Licht ziemlich senkrecht von oben durch die Decke oder durch breite Lichtschachte einfällt. Will man eine schrägere Ableitung der Lichtstrahlen, so werden nach Fig. 1851 noch Untermarquisen aus Luxferglas verwendet.

Die Multiprismen sind keilförmige Glaskörper von 15,5 cm Länge, 7,75 cm Breite und rd. 12 cm Höhe, Fig. 1852, welche die Strahlen sehr stark brechen und daher selbst durch kleineren Kellerlichtschacht doch eine Beleuchtung bis in ziemlich grosse Tiefe des Raumes ermöglichen. Die Fassung dieser Prismen

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1902, No. 58, S. 374.

**) Die betr. Figuren sind den sehr eingehenden, mit zahlreichen Abbildungen auch der Konstruktions-Einzelheiten ausgestatteten Broschüren und Katalogen der Firma entnommen.

in gusseisernen Rahmen zeigt Fig. 1853a und b. Schliesslich ist auch eine Verbindung der Fliesen mit Multiprismen möglich. Erstere erleuchten dann den vorderen Theil des Raumes, letztere den hinteren.

Die plattenförmigen Fliesen werden zumeist nur für begehbare Oberlichte verwendet. Will man dann eine ganz glatte Oberfläche haben, so kann man den Rahmen niedriger halten, als die Fliesen

Fig. 1851. Keller-Oberlicht mit Unter-Marquise.

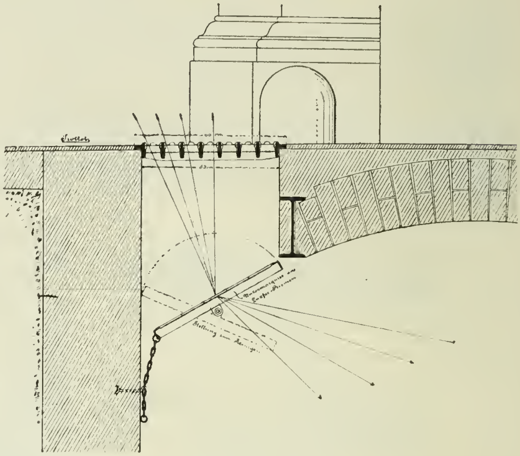


Fig. 1852.

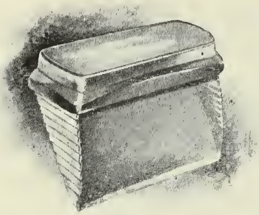


Fig. 1850.

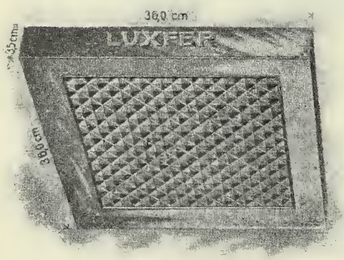
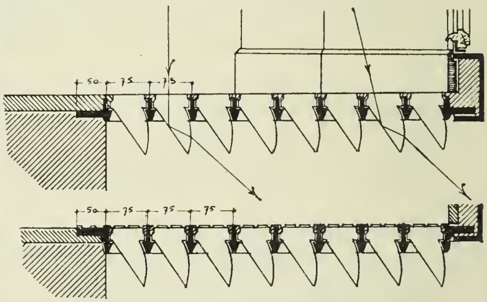
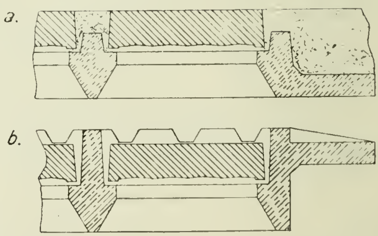


Fig. 1853a und b. Keller-Oberlicht mit Multiprismen.



und diese dann in Zementmörtel verlegen, Fig. 1854a. Bei entsprechender Stärke der Fliesen und der Rahmen lassen sich aus ersteren auch befahrbare Oberlichte herstellen, die Rahmen werden dann nach Fig. 1854b stark gerippt, damit die Pferde auf ihnen nicht ausgleiten. Die Multiprismen können ebenfalls, je nachdem sie nur begehbar oder auch befahrbar sein sollen, in der ersten oder zweiten Art gefasst werden. (Fig. 1853a und b.)

Fig. 1854a und b.

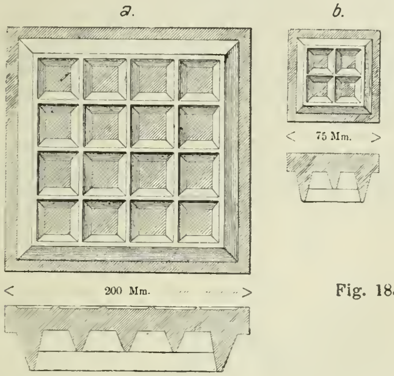


Zu den Schwinning'schen Einfalllichtern werden Glasprismen von 15,5 cm Länge und 6,8 cm Breite mit konkav gebogenen Leuchtflächen, gleichfalls in (verzinkte) Schmiedeisen- bezw. Gusseisenrahmen eingesetzt, in Verbindung mit Reflektoren verwendet, die aus drei, mit verschiedenen Neigungen im Lichtschachte übereinander angebrachten Spiegelflächen bestehen; ausserdem auch

sogen. Kreuz-Rand-Prismen, Fig. 1855a und b, von 75 mm, 125 mm und 200 mm Seitenlänge im Geviert; das kleinste Format dient für Fahrwege. In Fig. 1855c ist ein befahrbarer gusseiserner Rahmen dazu dargestellt. Das Beispiel giebt die kleinste Form mit 3×3 Prismen zu 75.75 mm, die grössten bieten Raum für $6 \times 6 = 36$ Prismen.

Gebr. von Streit in Berlin, liefern auch kreisrunde Lichtschachtplatten mit Kristallglas-Prismen von sechseckiger Oberfläche.

Nochmals zu erwähnen (vergl. S. 479 u. 523) sind an dieser Stelle, wenn auch nicht ganz hierher gehörig, die „Falconnier" Glasbausteine der Glashüttenwerke Adlerhütten A.-G. in Penzig in Schlesien, die aus geblasenem Glas in prismatischen Formen hergestellt werden und, wie gewöhnliche Mauersteine in Zementmörtel vermauert, zur Herstellung ganzer lichtdurchlässiger Mauern, Ausmaue-



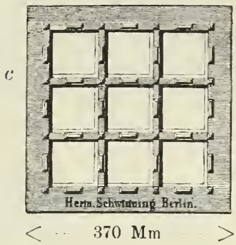
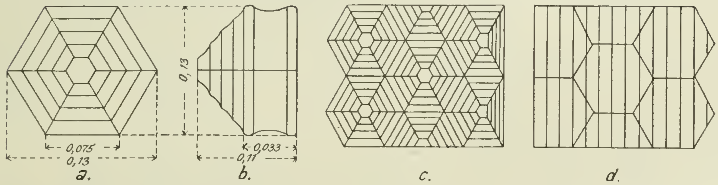


Fig. 1855 a—c.

Fig. 1856.

Vorder- und Seitenansicht. Aussen- und Innen-Ansicht.



rung einzelner Lichtöffnungen, Herstellung ganzer Glasgewölbe usw. verwendet werden. Je nach den verschiedenen Verwendungszwecken ist die Form der Steine etwas abweichend. Für Glasgewölbe, also z. B. auch zur Herstellung von Tonnendächern, dient die Form Fig. 1856a—d, während für die Herstellung von Wänden mehr langgestreckte Sechsecke oder geschweifte Formen vorgezogen werden. Die Steine werden in schweren Eisenrahmen gefasst. Um die Anschlüsse an diese herstellen zu können, werden auch $^3/_4$, $^1/_2$ und $^1/_4$ Stein, ausserdem besondere Formen für Abwalmungen gefertigt. Die Glasbausteine sind u. Umst. für die Konstruktion von Oberlichten von Vortheil, weil sich grosse ungetheilte Flächen herstellen lassen. Bei Tonnendächern z. B. wären nur die Binder und dazwischen einige Pfetten erforderlich. Alle Zwischensparren und Sprossen fallen fort.

1. Bewegliche Oberlichte.

Der Gedanke, Oberlichte oder Glasdächer so einzurichten, dass sie im Ganzen zeitweilig beseitigt werden können, etwa um einen Restaurations- oder sonstigen Raum unter freien Himmel zu versetzen, hat in Paris schon vor Jahren (1882 beim Bau des Eden-Theaters, vergl. Le recueil d'architect., 11. Jahrg.) dazu geführt, solche Konstruktionen beweglich zu machen. Durch Wegrollen des Dachwerkes konnte im Sommer der Zuschauerraum nach oben geöffnet werden. Aehnlich ist ein Theil des Daches über dem Café des Central-Theaters in Dresden

von den Architekten Lossow & Viehweger, eingerichtet worden. Aus dessen Darstellung in Fig. 1857 geht hervor, dass die ganze Konstruktion, sammt dem muldenförmigen inneren Oberlicht, an den Bindersparren angehängt ist. Die Sparrenfüsse (die über den Oberlicht-Ausschnitt hinausragen) sind mit Rollen in feste Verbindung gebracht und diese Rollen laufen auf Gitterträgern, die auf dem flachen Dache in der Verlängerung jenes Ausschnittes verlegt sind. Durch

Fig. 1857.

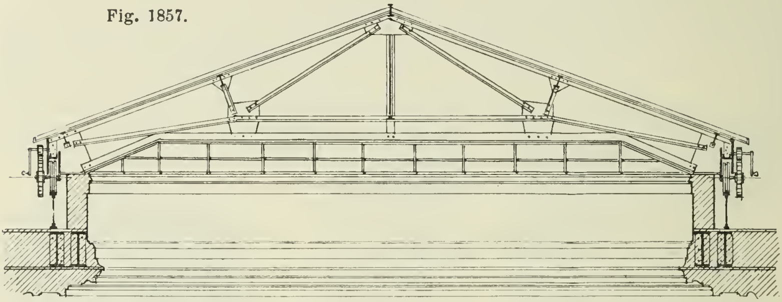


Fig. 1858 d.

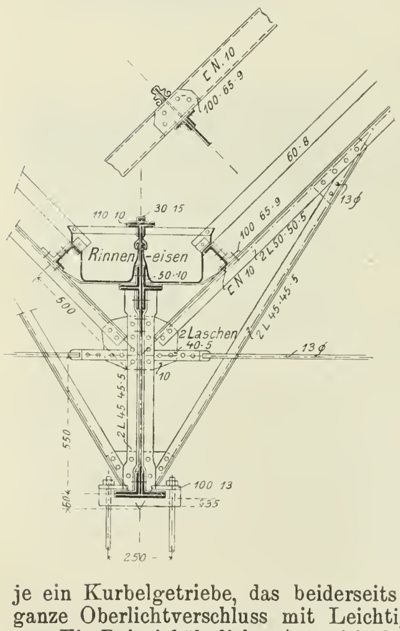
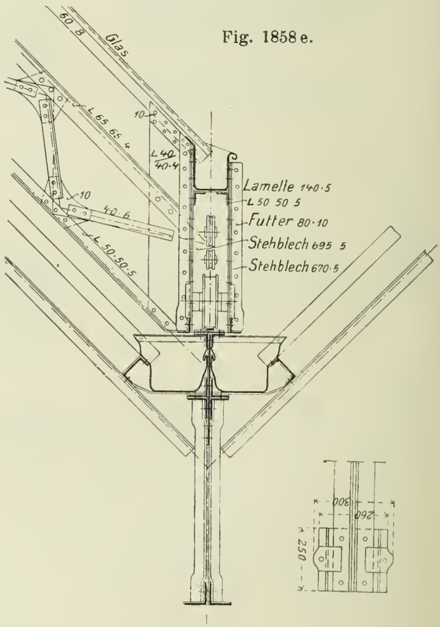


Fig. 1858 e.

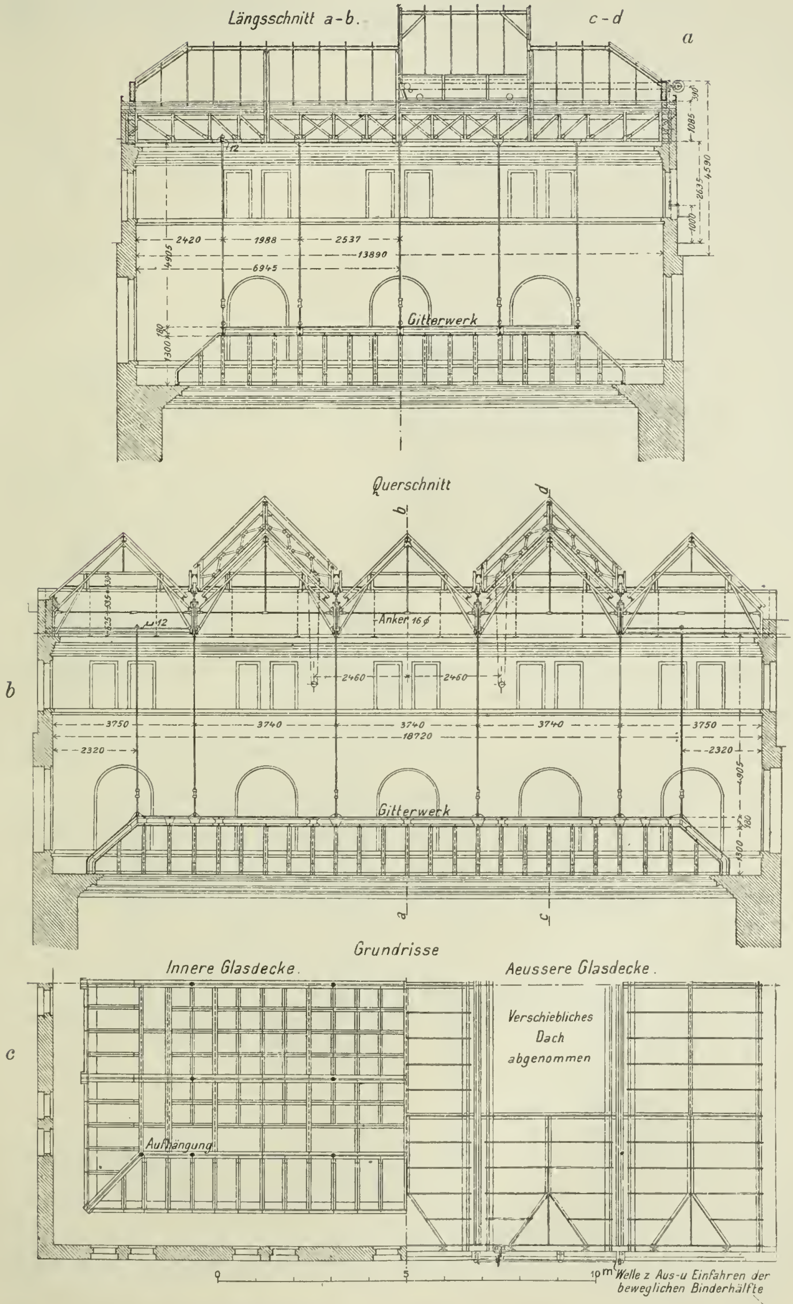


je ein Kurbelgetriebe, das beiderseits auf eine der Rollen einwirkt, wird der ganze Oberlichtverschluss mit Leichtigkeit in seiner Längsrichtung verschoben.

Ein Beispiel ähnlicher Art sei in den nachstehenden Abbildungen, Fig. 1858 a—f mit den Einzelheiten der Konstruktion zur Darstellung gebracht. Es handelt sich um die Oberlichtanordnung über dem grossen Kassenhof der Diskonto-Gesellschaft in Berlin (Arch. Kgl. Hofbrth. L. Heim, Ing. F. H. Barth in Berlin).*)

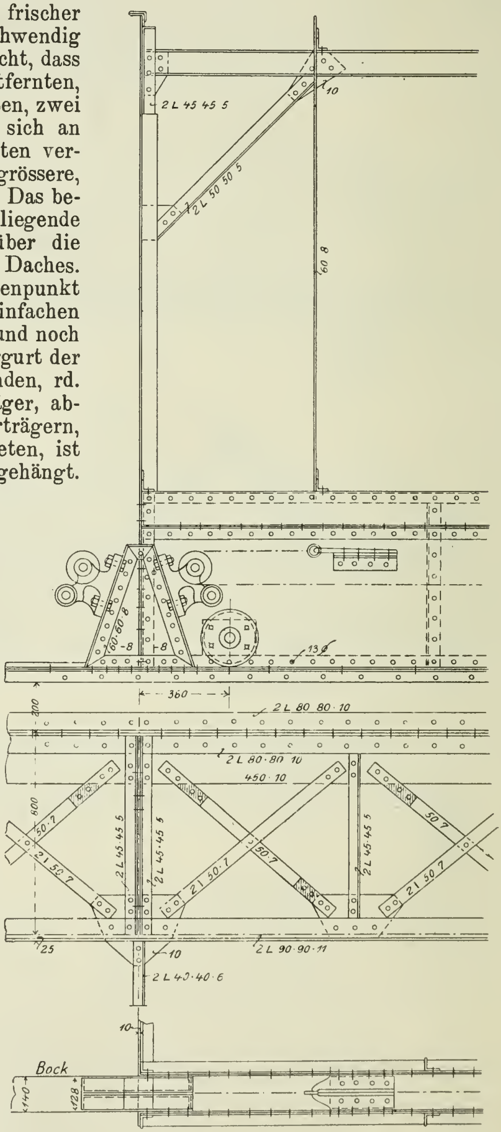
*) Vergl. die allgemeine Anordnung in Dtsche. Bauztg. 1902, S. 489, die Oberlichtkonstr. selbst im gleichen Jahrg. No. 88.

Fig. 1858 a—c.


Längsschnitt a-b.
c-d
a
Gitterwerk
Querschnitt
b
Anker 16 ϕ
Gitterwerk
Grundrisse
Innere Glasdecke.
Aeussere Glasdecke.
c
Verschiebliches
Dach
abgenommen
Aufhängung
Welle z. Aus-u Einfahren der beweglichen Binderhälfte

Der Kassenhof wird von einem festen, ebenen, an den Kanten abgewalmten Oberlicht überdeckt, vergl. Fig. a, b, c (links), das an der festen Dachkonstruktion mittels regulirbarer Hängestangen aufgehängt ist. Es wird umzogen von Korridoren, hinter denen noch in 2 Geschossen Bureauräume liegen, für welche die Zuführung frischer Luft im Sommer dringend nothwendig erschien. Das ist dadurch erreicht, dass von den fünf je 3,74 m weit entfernten, sägeförmigen äusseren Oberlichten, zwei in ihrem grösseren Mitteltheil sich an der Hauptaxe nach beiden Seiten verschieben lassen, so dass eine grössere, völlig freie Oeffnung entsteht. Das bewegliche, entsprechend höher liegende Oberlicht schiebt sich dabei über die festen Seitentheile desselben Daches. Fig. d zeigt den unteren Knotenpunkt der festen Dächer, die aus einfachen Sparren mit Zugband bestehen und noch durch Ecksteifen auf den Untergurt der die ganze Konstruktion tragenden, rd. 14 m weit gespannten Gitterträger, abgestützt sind. An diesen Gitterträgern, die in Fig. f in Erscheinung treten, ist auch das innere Oberlicht aufgehängt.

Fig. 1858 f.

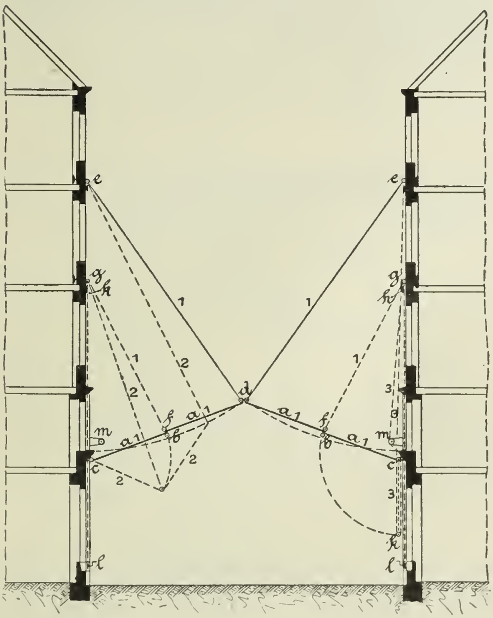


Das verschiebbare Oberlicht besteht aus zwei Theilen von je 3,47 m Länge, die an ihren Kopfenden in Gitterwerk bezw. als volle Blechträger (am äusseren Kopfende) hergestellte Binder besitzen, die sich an den Traufkanten auf doppelte Blechträger stützen, welche zwischen sich gusseiserne Laufrollen von 20 cm Durchmesser fassen, Fig. e und f. Die Bewegung wird von der den Lichthof umgebenden oberen Gallerie aus bewirkt, Fig. a und b, indem mittels Kurbel und Kettenwinden, sowie mittels konischer Zahnräder zunächst eine obere wagrechte Welle in Drehung versetzt wird, auf deren Axe eine Kettenscheibe sitzt. Eine zweite Kettenscheibe ist in der Mitte des beweglichen Oberlichtes auf den unteren Trägern festgelagert, Fig. f. Um diese beiden Rollen läuft eine Kette, die am Vorder- bezw. Hinterrande des beweglichen Dachtheiles angreift, sodass also in bequemer Weise Vorwärts- und Rückwärtsbewegung möglich wird.

Die Abdichtung zwischen den beweglichen Oberlichttheilen in der Mitte wird

durch ein an dem einen Theile befestigtes, über den anderen übergreifendes Winkeleisen und Filzstreifen bewirkt, Fig. f. In gleicher Weise presst sich ein am hinteren Ende des beweglichen Oberlichtes angenieteter Winkel mit seinem lothrechten Schenkel gegen einen am festen Oberlicht vorspringenden L. Auch hier ist Filzdichtung angewendet.

Fig. 1859 a. Querschnitt.



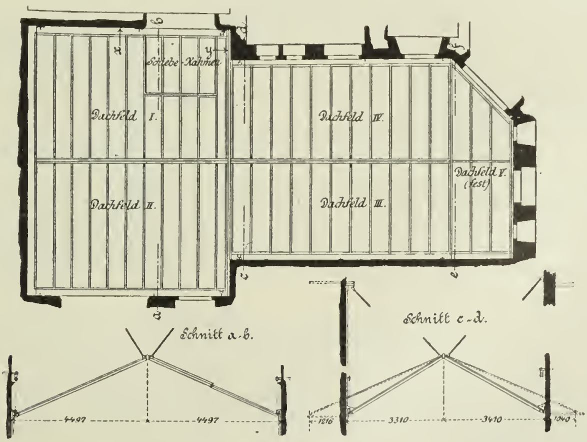
Die beweglichen Oberlichttheile müssen natürlich ihre eigene Traufrinne besitzen, die aber an beiden Enden geschlossen ist und durch untere Oeffnung an einem Ende ihr Wasser in die darunter liegende Rinne des festen Dachtheiles abgiebt.

Die Oberlichtsprossen sind durchweg (abgesehen von den Kopfenden, wo L 30.45.4 angewendet sind) aus hochkantigem Flacheisen 60.8 mit rinnenförmigem Zinkmantel hergestellt.

Anders, nämlich zum Aufklappen, ist die **Hofüberdachung des Spatenbräu-Ausschanks in Berlin***) eingerichtet.

Schematisch ist das Prinzip dieser der Firma **E. de la Sauce & Kloss** in Berlin geschützten Ausführungsweise, welche es ermöglicht, einen Hofraum mit

Fig. 1859 b, c und d.

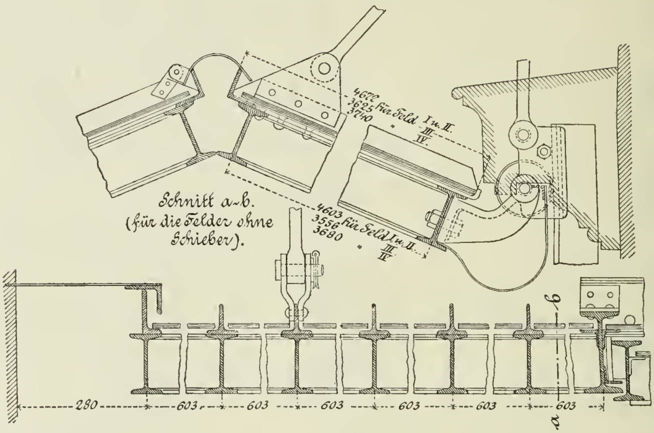


Glasdecke zu versehen, die auch eine Heizung und Benutzung desselben im Winter gestattet, andererseits aber auch den Anforderungen der Feuerwehr entsprechend, eine rasche Oeffnung in voller Breite des Hofes ermöglicht, in Fig. 1859 a dargestellt. Die Eisenrahmen *a*, welche sich um die Punkte *c*

*) Dtsche. Bauztg. 1900, S. 81.

drehen und um Punkt *b* ausserdem noch zusammenklappen lassen, sind an ihren oberen Enden *d* fest nach oben aufgehängt, an Punkt *b* dagegen mit Ketten, die über verschiedene Rollen *g*, *h*, *m m*, sowie über die Winde *l* laufen. Werden diese Ketten nachgelassen, so klappt das Dach nach unten ein und legt sich schliesslich zusammengefaltet an die Hauswand. Um die dauernde Gangbarkeit der Konstruktion zu sichern, sind alle Gelenke aus Bronze hergestellt. Natürlich ist für entsprechende Abdichtung der Fugen zu sorgen.

Fig. 1859 e und f.



Die Ausführung im Spatenbräu weicht hiervon insofern ab, als die Hofbreite nicht so bedeutend war, sodass es nicht nöthig wurde, die Dachhälften noch in der Mitte zu theilen. Hier gleiten einfach die Enden der Dachhälften an Führungsschienen abwärts. Die unregelmässige Grundrissfigur des Hofes bedingte die Zerlegung des Daches in mehrere Felder. Durch eine mit Schieberahmen verschlossene Oeffnung ist für entsprechende Entlüftung auch ohne Oeffnung des ganzen Daches gesorgt vergl. Fig. b—f.

m. Aufklappbare Dachfenster und Glas-Jalousien.

Wenn auch das eigentliche Rahmwerk (die Glasfassung) beliebig aus Zinkblech, Walz- oder Gusseisen hergestellt werden kann, so muss doch das Gestell, an dem der Rahmen angehängt wird, der allgemeinen Eindeckung der Dachfläche sich anpassen. Ausser den allgemein gebräuchlichen (aber vielfach recht wenig empfehlenswerthen) gusseisernen Dachfenstern giebt es eine ganze Reihe von Sonderausführungen, die der Sicherheit gegen Wind, Einregnen, Oeffnen von Aussen, Rosten, Verbiegen, Undichtwerden usw., zumtheil in ziemlich komplizirter Weise, Rechnung tragen sollen.

Das Sielaff'sche Oberlichtfenster, Fig. 1860. Aus guss- oder schmiedeisernem Unterrahmen und schmiedeisernem Glasrahmen mit ⊥ Sprosse hergestellt, gestattet eine sehr weite Oeffnung und verhindert selbständiges Zuschlagen dadurch, dass in geöffnetem Zustande der Stift *s* in die Ausklinkungen *z'* eingreift. Beim Schlusse hebt ein entsprechender Stift *s'* die Klinke aus. Der Hebel wird an einer Kette bewegt; das Fenster kann im geschlossenen Zustand nicht von aussen geöffnet werden.

Das Hoffmann'sche Oberlicht (von Ph. Jacob Hoffmann in Mainz), Fig. 1861, aus Zinkblech oder verbleitem Eisen hergestellt, ist bemerkenswerth durch die einfache gute Dichtung mittels federnder Wülste, also ohne Kitt.

Das Hoffmann'sche Flügeldachfenster, Fig. 1862, ist wie das vorstehend beschriebene gebildet, hat aber fächerartig zusammenfaltbare Wangen,

welche geöffnet auch bei heftigen Regenschauern kein seitliches Eindringen des Regens gestatten.

Das Siebel'sche Flügeldachfenster, Fig. 1863, hat seitliche feststehende Wangen aus Blech oder Glas, die ebenso weit vorspringen wie das geöffnete Fenster; dieses tritt so weit über die Oeffnung vor, dass selbst bei wagrechter Stellung die Oeffnung noch reichlich überdacht bleibt.

Das Unterberg'sche Dachfenster, Fig. 1864, besteht aus einem festen Obertheil und einem drehbaren Untertheil, welches sich bei Oeffnung mittels des Schlüssels unter das obere schiebt.

Die Figur stellt ein solches zum Anschluss an ein Pfannendach dar, doch

Fig. 1860.

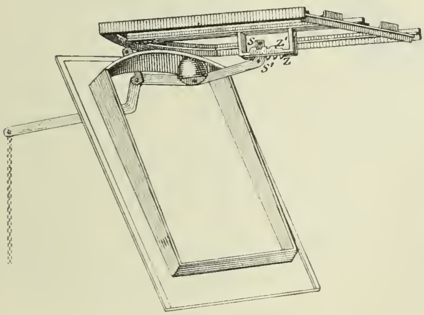


Fig. 1861.

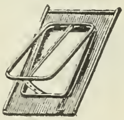


Fig. 1862 a und b.

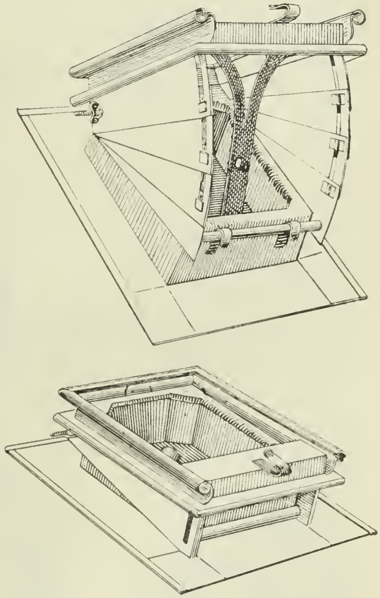


Fig. 1863.

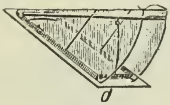
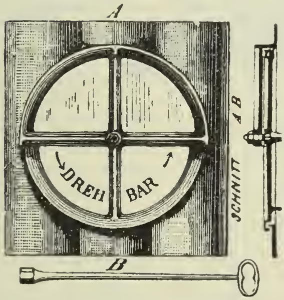


Fig. 1864.



erleidet die Bildung des Unterrahmens keine Abänderung, wenn eine andersartige Deckungsweise vorliegt.

Das Hilger'sche Victoria-Dachfenster wird aus einer Tafel Schwarzblech auf der hydraulischen Ziehpresse durch eine einzige Manipulation, also ohne Näthe, Nieten, Löthung u. dergl. in drei Grössen: 37×60 cm, 46×54 cm und 50×80 cm sowie nach acht verschiedenen Modellen hergestellt, Fig. 1865 a und b. Soll es zum Oeffnen eingerichtet sein, so werden Licht- und Fensterrahmen von einander getrennt und durch ein Scharnier mit einander verbunden. Erst nach der Fertigstellung wird die ganze Konstruktion im Bade verzinkt. — Ganz ähnlich sind die Oberlichtfenster der Siegener Verzinkerei (in sieben verschiedenen Grössen).

Hürtgen, Mönnig & Co. in Köln-Lindenthal, verfertigen Jalousie-Dachfenster, Fig. 1866a und b, und Schedlüfter, die aus einer Anzahl (meist fünf) stark nach unten abgeschrägter, in einander gelegter Rahmen bestehen, von denen blos der oberste Verglasung erhält; die anderen können um eine gemeinsame Axe so auseinander gespreizt werden, dass die Luft ein- und ausströmen, Regen und Schnee aber nicht in's Innere gelangen kann. Schedlüfter (die nicht zur Erhellung dienen) erhalten anstatt der Verglasung einen Blechdeckel. Als Material dient in der Regel Zink- oder verzinktes Eisenblech; für chemische Fabriken werden Schedlüfter auch aus verbleitem Eisenblech hergestellt. Aeussere Futterweite von 48 × 78 cm bis zu 180 × 80 cm.

Fig. 1865 a und b.

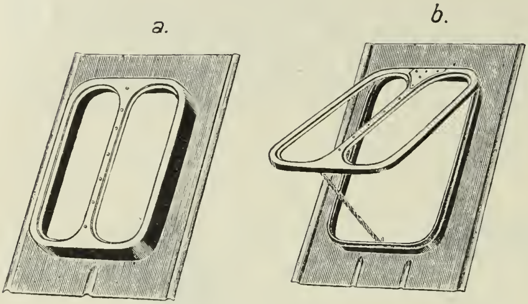


Fig. 1866 b.

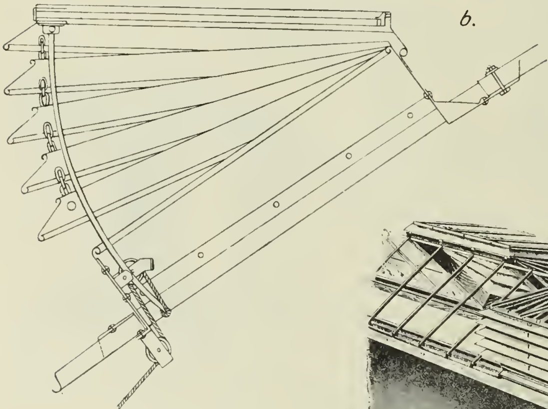


Fig. 1866 a.

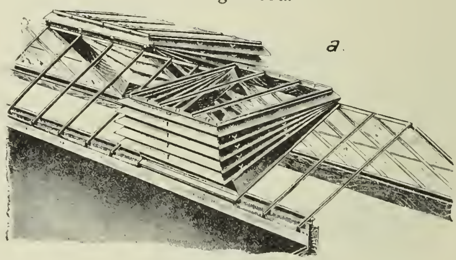
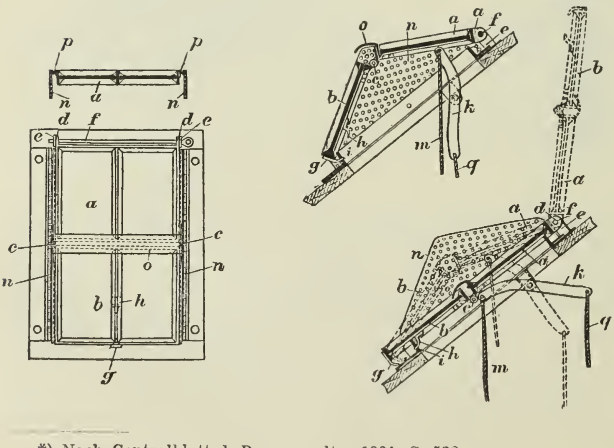


Fig. 1867.



Eine scheddachartige Gestalt hat auch Scheffler's Dachfenster, Fig. 1867*), da es mit beweglichem Mittelbruch für gewöhnlich ein kleines Satteldach mit ventilirenden

*) Nach Centralblatt d. Bauverwaltg. 1901, S. 528.

Giebeldreiecken bildet, durch Aufklappen aber auch die ganze Aussteigöffnung frei giebt. — Die ausgiebige Lüftungsmöglichkeit ist auch vorhanden beim Scheeren-Dachfenster von Reiss & Güldner in Düsseldorf, Fig. 1868 a und b, bei dem die Rahmen (einer, zwei oder drei) parallel zur festen Zarge durch einen Scheeren - Mechanismus in die Höhe gehoben werden, sowie ferner der Permanentlüfter von Nebeling & Co. in Remscheid, Fig. 1869 a und b, bei dem vier Arme derart drehbar am Rahmen und am Fenster- bezw. Lukendeckel angebracht sind, dass sie ein Gelenkparallelogramm bilden, welches mit Hilfe eines Hebels den Deckel aufhebt und um seine ganze Länge seitlich verschiebt. Dadurch ist ein theilweises oder vollständiges Freilegen der Oeffnung möglich, ein vollständig dichtes Schliessen derselben aber freilich unmöglich. Die Konstruktion lässt sich auch in grösserem Maasstabe zur Bewegung grösserer Dachtheile am Firste verwenden.

Fig. 1868 a und b.

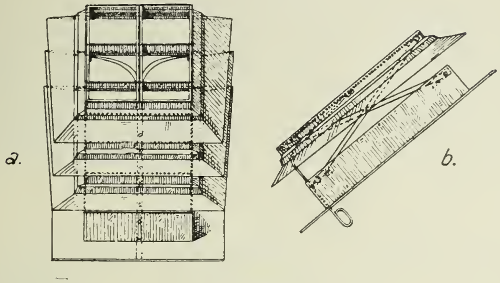


Fig. 1869 a und b.

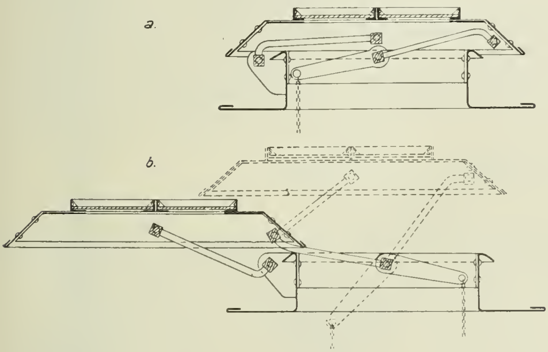
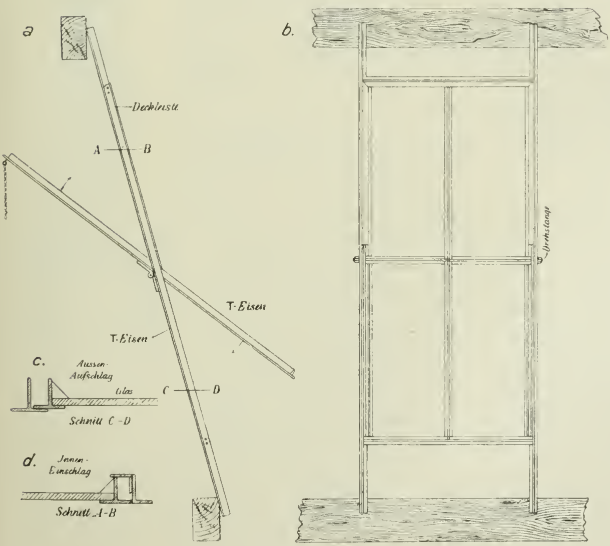


Fig. 1870 a—d.



Grosse Lüftungsflügel für Scheddächer werden immer besser in Schmiede- als in Gusseisen hergestellt. Sehr zweckmässig ist es, sie um eine in ihrer halben Höhe liegende, wagrechte Achse schwingen zu lassen; die Einzelheiten einer derartigen Konstruktion sind aus Fig. 1870 a bis d zu ersehen.

Glas-Jalousien wendet man an, wo aufdrehbare Lüftungsflügel sich mit

der Architektur oder dem Zweck eines Raumes nicht wohl vereinigen lassen oder unbequem zu handhaben wären, z. B. bei Dachreitern; auch wird der durch die Jalousien bewirkten Mischung warmer und kalter Luft von Manchem besonderer Werth beigelegt. Glasjalousien erhalten immer Messingfassung; die Klappen (in der Regel 2 bis 5) bestehen aus geschliffenem Spiegelglas; die Bewegung der Falze erfolgte früher zumeist durch Federn, wobei nur entweder ganze Oeffnung oder dichter Schluss möglich war und die Glastafeln häufig zersprangen; bei der Glas-Luftjalousie „Ideal" (W. Hanisch & Co. in Berlin) erfolgt sie in jeder beliebigen Lage mittels Hebel, durch Schnüre oder Kettchen; bei dem System Wimmersberg mittels Zahnrädchen, Schneckenantrieb und Kette ohne Ende, gleichfalls nach Belieben.

XVI. Thurm-Bekrönungen, Laternen, Kreuze, Knaufe, Wetterfahnen u. Fahnenstangen, Bildsäulen usw.

Nachdem die hierher gehörigen Arbeiten in den vorausgehenden Abschnitten in der Hauptsache zumeist bereits erwähnt wurden, kann es sich hier nur darum handeln, Einzelheiten nachzutragen, die sich nach den dort maassgebenden Gesichtspunkten nicht trennen liessen. Ausserdem erscheint es aber auch nothwendig, die zerstörenden Gewalten, die sowohl den Ausführenden wie ihrem Werke Gefahr drohen, zu besprechen; denn die Vernachlässigung des scheinbar geringfügigsten Umstandes kann bei derartigen Bauarbeiten die übelsten Folgen haben.

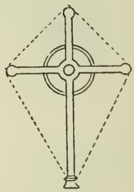
a. Zerstörende Einflüsse.

α. Winddruck.

Namentlich die Stabilitätsuntersuchungen bei freistehenden Schornsteinen haben die Aufmerksamkeit der Bautechniker in neuerer Zeit immer aufs neue auf diesen Gegenstand gelenkt; das Ergebniss der bezügl. Untersuchungen ist sinngemäss auch auf die hier zu besprechenden Bautheile anzuwenden.

Bekanntlich üben kurze Stosswinde auf Gegenstände von geringer Fläche eine räumlich eng begrenzte Wirkung aus, welche bei grösseren, zusammenhängenden Flächen durch die vor der Stosswirkung eintretende Luftverdichtung sich mehr vertheilt. So kann ein Stosswind auf ein Thurmkreuz oder eine Bildsäule von nur 1 qm Fläche einen Druck ausüben, dessen Werth im Vergleich zu den gewöhnlich für den Winddruck angenommenen Zahlen vielleicht dem der geradlinig umschriebenen Fläche, Fig. 1871, entspricht. (Man vergleiche auch S. 641.)

Fig. 1871.



Bei den runden Stangen genügt erfahrungsmässig die Annahme des Zweifachen der Abwickelungsfläche. Als Druckgrösse ist jedoch auch dann der ortsüblich für Dachkonstruktionen angenommene, in geringeren Höhen ermittelte Winddruck ungenügend. Diesen Werth auf das Dreifache erhöht, der Berechnung zugrunde zu legen, wird stets räthlich sein, wenn genaue Messungen örtlicher Sturmwindstärken in entsprechenden Höhen nicht zu erlangen sind.

Ebenso wie den Thurmspitzen selber der Winddruck gefährlich sein kann, wird er es in noch höherem Maasse den Hilfsrüstungen, welche nur mit leicht lösbaren Verbindungen herstellbar sind und vermöge ihrer grösseren Fläche usw. im Spiel des Windes selber einen verhängnissvollen Einfluss auf die Standfähigkeit eines Thurmes ausüben können. (D. Bztg. 1895, Absturz d. St. Matthiasthurms; Einsturz des Kirchthurms in Leipzig-Lindenau 1884.)

Um die Einflüsse des Windangriffes an den Thurmkreuzen nicht auf gemauerte Helme zu übertragen, oder doch wenigstens die Stosswirkung auszugleichen, sind in älterer und neuerer Zeit eigenthümliche Pendelanordnungen getroffen worden, wobei denn auch der Schwerpunkt der betr. Konstruktion weit nach unten verschoben wird.

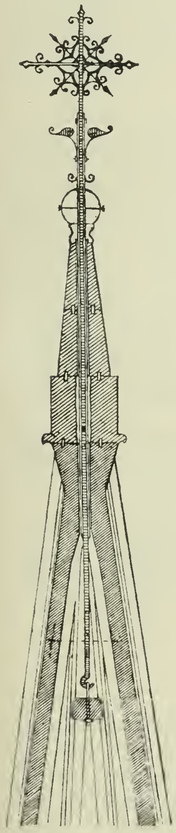
Wenn auch manche Ueberlieferungen dafür sprechen, dass aufgehängte Thurmkreuze im Mittelalter nicht unbekannt gewesen, sogar öfter in Anwendung

gekommen sind, so müssen diese doch für unsere Zwecke als unerheblich betrachtet werden, da sie, nicht mit Blitzableitern versehen, sehr bald zu Grunde gehen mussten, das Bauwerk also gefährdeten.

In dieser älteren Art ist in neuerer Zeit wohl zuerst bei Wiederherstellung des St. Stephans-Domes in Wien das Kreuz aufgehängt worden.

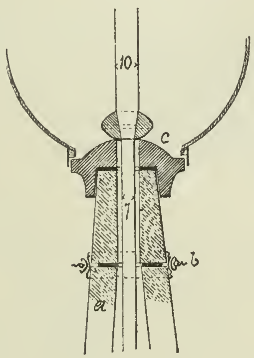
Fig. 1872 zeigt eine Pendeleinrichtung, wie Otzen sie beim Bau der St. Johannes-Kirche in Altona getroffen hat. Auf der äusserst schlanken, aus glasirten Backsteinen aufgemauerten Spitze ist der obere Theil *a* aus Granitwerkstücken hergestellt, deren Fugen *b* mit Bleiplatten ausgelegt und mit Kupferringen umzogen sind. Den Kopfstein umfasst eine gusseiserne Kopfplatte *c*, welche mit Blei unterlegt ist, um jeglicher Spaltung durch das bedeutende Pendel-Gewicht vorzubeugen. Das Kreuz, dessen Stange 10 cm stark ist, überragt die Kopfplatte um 4 m, während die Pendelstange 7 cm Durchmesser hat und 15—20 m tief herabhängt. Das Pendelgewicht ist so bedeutend, dass der Schwerpunkt auf etwa $^1/_3$ der Gesammthöhe herabgedrückt wird.

Fig. 1873.



Bei der von demselben Meister ausgeführten St. Gertrud-Kirche in Hamburg beträgt die Höhe des Kreuzes, Fig. 1873, 6 m, mit 17 m langer Pendelstange; die Belastung beträgt 1600 kg.

Fig. 1872.



Eine ähnliche Pendelanordnung zeigt Fig. 1876, S. 783: Wetterfahne vom Schloss Putlitz, bei welcher die Pendelstange nur um 3 m nach unten verlängert ist, aber durch das bedeutende Gewicht derselben Standsicherheit erzielt wird.

Sehr ins Gewicht fällt auch schon während der Arbeitsausführung der Einfluss des Windes; es müssen daher alle Vorbereitungen derart getroffen werden, dass bei voraussichtlich stürmischen Wetterperioden der günstige Augenblick ausgenutzt werden kann und durch plötzlich erzwungene Unterbrechung der Arbeiten nicht die Entstehung von Unfällen herbeigeführt wird. Daher ist eine wohlerwogene Arbeitseintheilung unerlässlich.

β. Einfluss von Temperaturänderungen.

Gebäudetheile, die wie Thurmspitzen, Laternen, Dachreiter u. dergl. frei in die Luft ragen und von allen Seiten dem vollen Sonnenschein, wie dem eisigsten Winde ausgesetzt sind, ausserdem selbst die Wärme gänzlich unbehindert ausstrahlen, erfahren, mehr als andere Aufbaukonstruktionen, die stärksten Temperaturschwankungen. Die daraus sich ergebenden Ausdehnungen und Zusammenziehungen, namentlich der Metalltheile, müssen deshalb durch deren Verschieblichkeit ermöglicht werden, wenn nicht Undichtheiten, übergrosse Kantenpressungen oder Brüche eintreten sollen. Die Befestigungen werden daher mit nachgiebigen Falzen, mit länglichen Nagellöchern, mit verschieblichen Haftern, elastisch (wie Fig. 521 b, S. 182, dargestellt) zu erfolgen haben; auch die im vorstehenden Absatz besprochenen Pendel-Anordnungen wirken nebenbei in diesem Sinne nützlich. Eine Blitzentladung kann sowohl unmittelbar wie durch Induktion die kolossalsten Erhitzungen (bis zum gasförmigen Verdampfen des Kupfers) hervorrufen.

γ. Blitzgefahren.

(Vergl. hierzu auch Hauptabschnitt IV, S. 486, Kapitel IX, Die Gebäudeblitzableiter).

Nach dem jetzigen Stand der Frage beugt man ihnen nicht blos durch eine besondere, allen Regeln der Wissenschaft auch im kleinsten entsprechende Blitzableitung vor; es genügt vielmehr häufig, durch geeignete Verbindung der ohnehin vorhandenen Metallmassen (Dachbleche, Gespärre, Träger, Fallrohre, Wasserleitung usw.) eines Gebäudes, sowohl unter sich als mit dem feuchten Erdreich, etwa durch angenietete und verlöthete Kupferdrähte oder -seile, eine gutleitende Kette von Metallkonstruktionen herzustellen. Das Hauptaugenmerk muss dabei nur darauf gerichtet sein, dass in dieser Kette keine schlecht oder nicht leitenden Glieder versteckt sind.

So ist z. B. bei Fig. 1877, S. 783, die Anlage ausgeschlossen, weil die gläserne Pfanne *a* die Durchleitung von der Spitze unmöglich macht, während die Zinkhülle nicht genügenden Leitungsquerschnitt besitzt. Anderenfalls würde der Zwangring bei *e* die durchaus zweckmässige Stelle gewesen sein, wo die Luftleitung sich anschliessen konnte.

Auch bei Fig. 1885, S. 789, war zu erwägen, ob der Blitzableiter bei *a*, *b* oder (wie gezeichnet) bei *c* anzuschliessen war. Bei *a* wäre die Löthstelle später schwer zugänglich gewesen; die Kröpfung der Leitung um den Hals bei *b* würde u. Umst. eine recht unangenehme Verzerrung des Bildes hervorgerufen haben. Aehnliches würde bei der Anknüpfung bei *b* eingetreten sein, während bei der gezeichneten Anordnung dafür Sorge zu tragen war, dass bei *d* eine Art Klappenverschluss angebracht wurde, um die Löthstelle zugänglich zu erhalten. Bei der Pendelanordnung, Fig. 1872, S. 779, bietet die gusseiserne Kopfplatte *c* die beste Anknüpfung (durch Einbohren); bei Fig. 1876, S. 783, wo die leitende Hülle ganz aus Kupfer besteht, war selbst eine Fangspitze entbehrlich; anderenfalls hätte der richtige Anknüpfungspunkt in der bronzenen Pfanne gelegen, wozu allerdings der Granitkopf hätte durchbohrt werden müssen. Auch Blei, etwa als Eindeckung von Dachflächen oder Kehlen, muss als isolirend angesehen und überbrückt werden.

Da die Thurmhelme mit dem steinernen Unterbau gewöhnlich durch tief in's Mauerwerk herabreichende Rundeisenstangen verankert werden, so darf nicht übersehen werden, die untere Endigung dieser Anker in zweckdienlicher Weise an die nach der Erde führende Blitzableitung anzuschliessen.

Vorsichtigerweise werden auch bei den Hilfsrüstungen Noth-Blitzableiter angewendet, wenn die Ausführung in gewitterführender Zeit geschehen soll. Unter vielen traurigen Beispielen sei nur erwähnt, dass im letzten Jahrhundert die Petrikirche in Berlin, deren Neubau eben vollendet war, durch Einschlag in das Thurmgerüst vollständig zerstört wurde.

δ. Feuchtigkeit.

Die Gefahr bei freistehenden, hochragenden Gebäudetheilen aus Metall droht nicht blos vom Eintreiben des Regens und Schnees in jede dem Wind zugängliche Fuge, sondern auch von dem Beschlagen von innen heraus, sobald eine plötzliche starke Abkühlung eintritt. Dies ist z. B. die Ursache, dass auch in den best geschlossenen Thurmknäufen sich Feuchtigkeit ansammelt, wenn nicht für deren Ableitung an ungefährlicher Stelle Vorsorge getroffen wurde. Dokumente, die an solchen Orten niedergelegt werden, müssen deshalb noch eine besondere, luftdichte Umhüllung erhalten und etwaige Berührung verschiedener Metalle (z. B. Eisenspreizen in Kupferkreuzen), die beim Zutritt von Feuchtigkeit galvanische Ströme und damit Rost- oder Vitriolbildung erzeugen würden, muss vermieden werden.

Dass alle Theile mit möglichster Abwässerung auszuführens sind, durch genügenden Uebergriff das Eindringen von Wasser zu verhindern ist, die Uebergriffe selbst durch eingebohrte Löcher eine Ableitung des Schwitzwassers ermöglichen müssen, Fig. 1874, um nicht Frostschäden herbei zu führen, versteht sich von selbst.

b. Material.

Zu den konstruktiven Theilen bezw. Gerippen wird, wenn die Architektur es zulässt, z. B. wo Steinformen nachgeahmt werden, vielfach abgebundenes Holz, zu dünnen Konstruktionen Schmiedeisen, zu besonders stark beanspruchten Theilen, z. B. Helmstangen, auch Stahl verwendet. Die Blechverkleidungen, Gesimse, Balustren u. dergl. werden bei monumentalen Ausführungen aus Kupfer her-

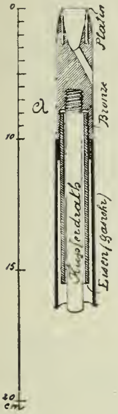
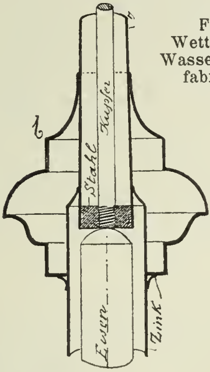
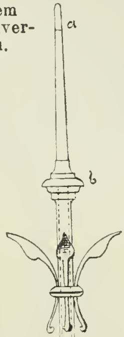


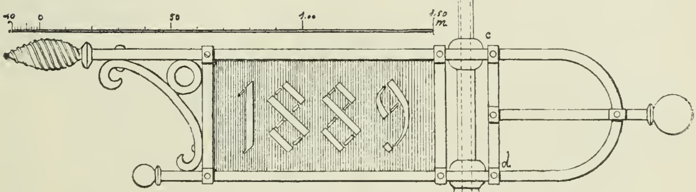
Fig. 1874.

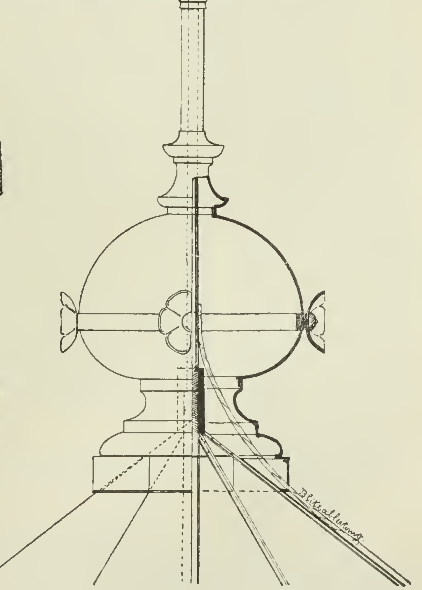


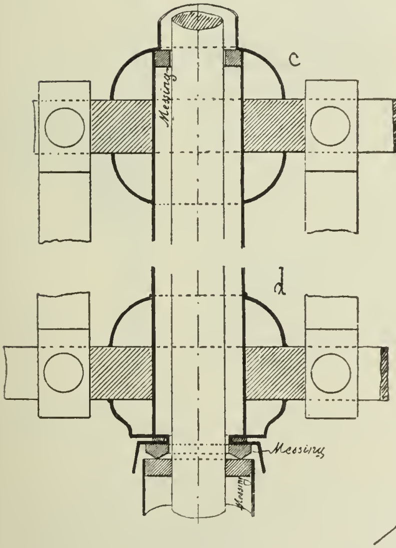
Fig. 1875 a—c. Wetterfahne auf dem Wasserthurm der Pulverfabrik in Spandau.











gestellt, wobei die senkrechten Nähte gefalzt, die wagrechten in zwei Reihen genietet und meist hart gelöthet werden. Bei weniger wichtigen Ausführungen

spielt das Zinkblech eine grosse Rolle. Ausserdem dürfte sich heute das Augenmerk wohl auch den modernen Nickel- und Aluminium-Legirungen sowie den plattirten Zinkblechen, sogen. Wachwitz-Metall, für derartige Zwecke mit gutem Erfolg zuwenden.

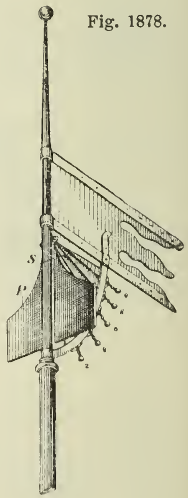
Dreh-Lagerungen werden aus Kupfer, Bronze oder Stahl, oder wenn sie nicht die Blitzableitung aufnehmen, aus Hartguss-Messing, Glas-Ringen- und Kugeln hergestellt, welch letztere in Bronze- bezw. Messingbüchsen eingeschaltet werden. Die Ziertheile werden grösstentheils aus Metallblechen: Eisen, Kupfer, Bronze, Zink, getrieben und über die Gerippe, bezw. eine Stange geschoben. Blei soll nur zu kragenartigen, gestützten Ueberdeckungen und zwar nur zu solchen, die nicht in die Blitzableitung eingeschaltet sind, verwendet werden. Verschraubungen, Verbindungsmuffen und ähnliche Theile von Blitzableitungen werden nicht aus dem schlecht leitenden Messing, sondern aus Rothguss hergestellt.

Die Anwendung von Messing und Bronze zu einzelnen Theilen, welche nicht die Hauptleitung bilden, wie z. B. zu Gleitringen von Wetterfahnen, Fig. 1876 bei b und c, ist minder bedenklich; doch ist nicht ausgeschlossen, dass solche ihre Wirkung versagen, indem der Induktionsstrom u. Umst. Löthung verursachen kann.

c. Wetterfahnen und ihre Dreheinrichtungen.

Bei der Konstruktion der Drehvorrichtung der Wetterfahnen ist besonders darauf zu sehen, dass diese nicht rosten oder vereisen, also stets beweglich bleiben. Bei der Herstellung werden zwei verschiedene Grundsätze beobachtet. Die kleineren Fahnen hängen mit langem Stulp über einer festen Eisenspille und „laufen auf Korn“; die schwereren Fahnen erhalten ihre Führung an einem durchreichenden $^3/_4$—$^5/_4''$ Gasrohre und drehen sich auf einem Kugellager mit Messing-, Hartguss- oder Achatkugeln. Bei beiden Arten ist die Hauptbedingung für leichtes Spiel, dass beide Theile rechts und links von der Spille genau ausbalanzirt sind. Die Einzelheiten sind aus den Fig. 1875—1877 (nach Ausführungen von Peters in Berlin) genau zu erkennen.

Fig. 1878.



Zur Erhöhung des Werthes einer Wetterfahne dienen Vorrichtungen, welche an derselben auch die jeweilige Windstärke ablesen lassen. Eine Konstruktion dieser Art ist die „Anemometer-Windfahne“ von Fr. Spengler in Berlin, Fig. 1878. Die Fahne ist mit einem Bügel versehen, an welchem Knöpfe die der zehntheiligen internationalen Windskala entsprechenden Windstärken 0, 2, 4, 6, 8, 9 (d. h. den Geschwindigkeiten 5, 10, 15, 20, 25 m) bezeichnen. In diesem Bügel hängt die pendelnde Windplatte P, die sich unter dem Drucke des Windes entsprechend einstellt. Der Bügel oder Quadrant ist durch eine in einzelne ebenfalls drehbare Sektoren zerschnittene Scheibe S gefüllt, welche beim Ansteigen der Windplatte mit gehoben werden müssen und mit ihr wieder zurückfallen. Diese Sektoren vergrössern einerseits die Angriffsfläche der Fahne für den Wind, sichern einen richtigen Stand der Windplatte und lassen ausserdem durch ihre geschlossene Fläche über der Windplatte die Stellung letzterer deutlicher erscheinen. Die Quadranten müssen natürlich genau graduirt sein.*)

Eine elektrische Einrichtung, um den Stand der Wetterfahnen auf beliebige Entfernungen hin anzuzeigen, ist im Centralbl. d. Bauverwaltg. 1901, S. 492 dargestellt.

d. Dokumenten-Büchsen.

Der Gebrauch, in den Thurmknäufen Dokumente, Münzen, wohl auch Weinflaschen und dergleichen einzulöthen, geht von der Voraussetzung aus, dass diese unzugänglichen Aufbewahrungsorte auch gegen elementare Einflüsse unbedingt gesichert seien. Dass dies nicht ohne weiteres der Fall ist, wurde bereits

*) Vergl. auch Dtsche. Bauztg. 1902, S. 340.

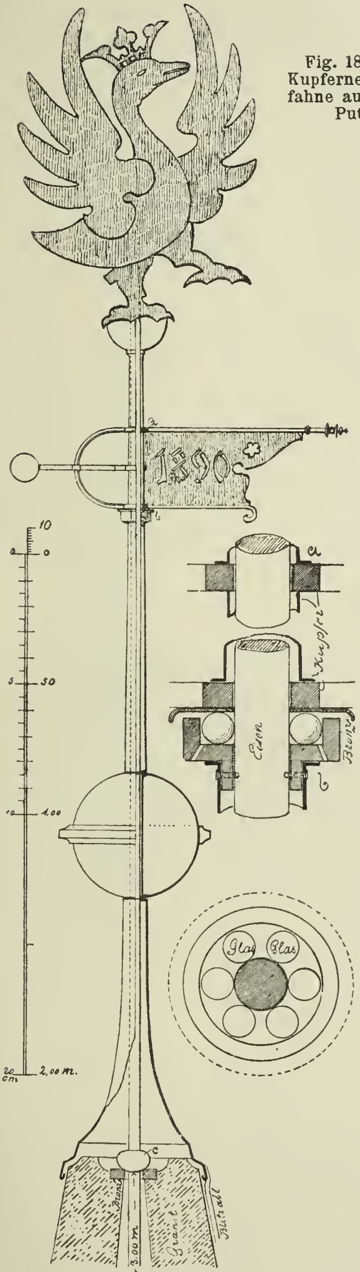


Fig. 1876 a—d. Kupferne Wetterfahne auf Schloss Putlitz.

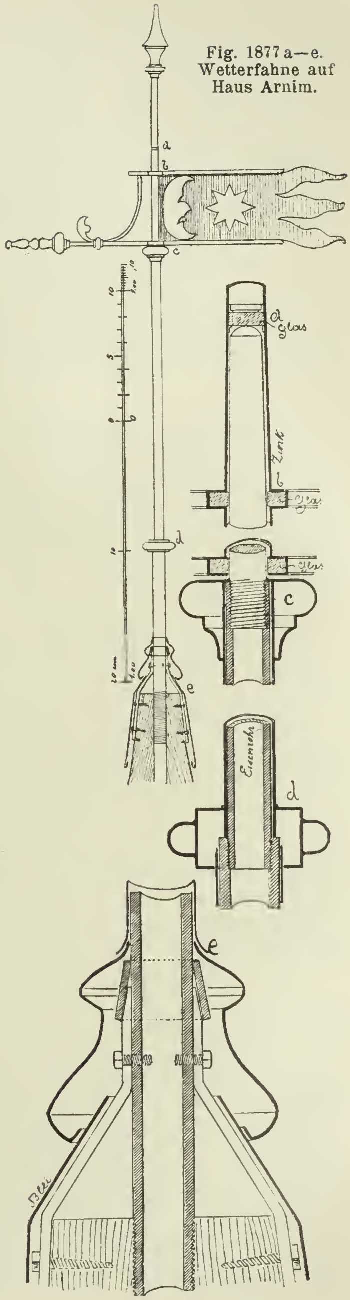
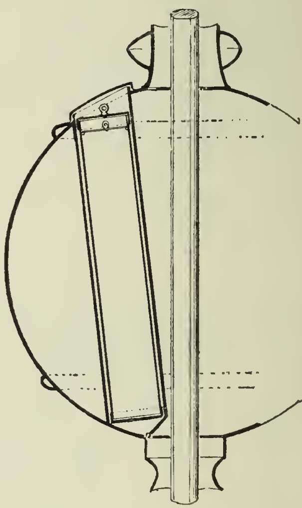


Fig. 1877 a—e. Wetterfahne auf Haus Arnim.

S. 780 nachgewiesen. Die gute Erhaltung hängt aber auch von der Konstruktion der dazu benutzten Büchsen ab. In den aus Kupfer- oder Bronzeblech hergestellten Knauf wird ein besonderes Hülsenrohr eingelöthet, in das sodann die Dokumentenbüchse von oben eingeschoben wird. Fig. 1879. Soll diese verlöthet werden, so muss sie doppelten Deckel erhalten, damit die Papiere nicht versengen. Die Kappe des Hülsenrohrs wird mit Mennigekitt aufgesetzt, weil ihre Aufschraubung (bei schiefem Schnitt) zumeist nicht möglich sein wird. Unmittelbare Berührung zwischen Hülsenrohr und Thurmstange ist wegen Ueberleitung des Blitzes zu vermeiden; im Boden des Hülsenrohres ist eine kleine Oeffnung zum Ablauf etwa entstandener Feuchtigkeit zu belassen.

Fig. 1879.



Können die Dokumente schon vor der Richtfeier eingelegt werden, so kann auch ein beliebig grosser Theil des Knaufs, durch Zwischenböden, zu dem Zweck eingerichtet werden.

e. Anstrich, Vergolden, Emailliren.

Die sämmtlichen Metalltheile, auch die überdeckten Eisengerippe werden — zweckmässig vor dem Aufbringen — mit einem schützenden Ueberzug versehen; Ausnahmen bilden zuweilen Kupfer und Bronze; jedoch müssen diese Metalle dann polirt sein, um zur Patina-(Edelrost-)Bildung sich zu eignen. (Vergl. S. 687.)

Eisentheile können glühend mit Judenpech abgebrannt werden; sollen sie eine andere Färbung erhalten, so eignet sich nur Mennige-Anstrich als Grundfarbe. Vorhergehende Verzinkung ist auch dann zweckmässig; diese kann auch, wenn genügend stark, ungedeckt bleiben.

Vergoldung, sowohl einzelner scharf abgegrenzter Theile, als auch ganzer Kreuze, Knäufe usw. wird — wenn es sich nicht um Monumentalanlagen ersten Ranges, oder um die Fangspitze der Blitzableitung handelt — durchweg nur mehr mit Blattgold auf Oelgrund hergestellt, wobei jedoch ein dreimaliger, jedesmal gut getrockneter und abgeschliffener Mennige-Grundanstrich, Oelgrund von feinstem Leinöl und sehr starkes, vollständig reines Blattgold, (echtes Dukaten-Doppelgold) nothwendig sind. Feinster (sogen. japanischer) Goldfirniss bildet alsdann eine Schutzdecke auf dem Golde selbst. Galvanische und Feuervergoldung in dünnen Schichten haben sich nicht bewährt; um Dauer zu erzielen ist ein besonders grosser Aufwand an Gold erforderlich; ganz geringfügige Verletzungen der Vergoldung während des Aufbringens lassen sich nicht ausbessern, sie gefährden aber die Dauer der ganzen Arbeit.

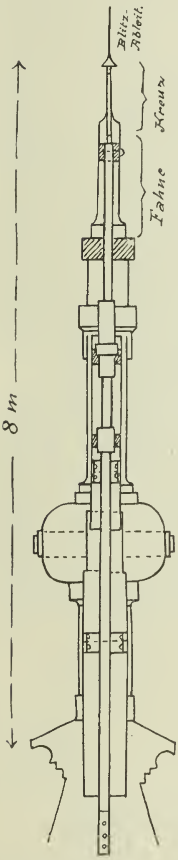
Auch die Versuche Aluminium-Bronzeblech zu Ueberzügen, sowohl nakt, als galvanisch oder feuervergoldet zu verwenden, haben bisher keine glücklichen Erfolge gehabt.

Das Bestreben: die Vergoldung nur auf vortretenden Theilen glänzen zu lassen, um die Formgebung hervor zu heben, ohne im allgemeinen und bei bewölktem Himmel der glänzenden Wirkung zu entbehren, hat schon im Mittelalter dahin geführt, Schmelzarbeit, rothen, blauen und grünen Grubenschmelz auf Kupfer, anzuwenden. Die wenigen überkommenen Reste solcher Arbeiten haben die Undauerhaftigkeit derselben erwiesen. Dagegen wird nach allen bisherigen Erfahrungen ein sicherer Erfolg bei Anwendung von emaillirtem Eisenblech zu erzielen sein. Es wird darin ein Mittel geboten, die kostspielige Vergoldung in manchen Fällen als entbehrlich erscheinen zu lassen, da der Goldton vollständig täuschend erzielbar ist, die Wirkung durch aufgeschobene, wirklich vergoldete Ringe sich aber noch bedeutend erhöhen lässt.

f. Aufbringen, Befestigen, Baugerüste.

Die Schwierigkeiten, welche bei nachträglichem Aufbringen schwerer Massen entstehen, die dadurch nothwendig werdenden theuren Gerüste, welche u. Umst. für den eigentlichen Thurmbau entbehrlich, lediglich zum Aufsetzen der Spitze — von unten auf — errichtet werden müssen, sucht man nach Thunlichkeit zu umgehen. Bei gemauerten Helmen erreicht man dies dadurch, dass die Stange — mit oder ohne Ziertheile — zeitig hoch gebracht, mit aufwärts gehender Mauerarbeit weiter gehoben und nach der Vollendung jener auf ihren Sitz herabgelassen wird, worauf alsdann das Pendelgewicht angehängt wird. Zu solchem Zweck kann der Pendelknauf (c Fig. 1872 und 1876) als Stellring (mit 3 durchgebohrten Stellschrauben) gestaltet werden.

Fig. 1880.



Zuweilen werden dann die Ziertheile, Wetterfahnen usw. in einzelnen leichteren Stücken — sonst aber fertig (vergoldet usw.) — von oben aus auf die Stange geschoben, was sich von einfachen, ausgehängten Leitern aus bewältigen lässt. Dies ist z. B. auch bei den dargestellten Wetterfahnen geschehen. Zu gleichen Zwecken, wie auch um etwaige Unterhaltungsarbeiten zu ermöglichen, müssen in grösster Höhe, dicht am Knauf, weit auskragende Leiterhaken angebracht werden, welche z. B. bei den in Fig. 521a und b. S. 182 und Fig. 1872 dargestellten Helmen fehlen, während sie bei dem weiterhin dargestellten gezimmerten Helme ersichtlich sind. Zweckdienlich sind auch mit Metallblech beschlagene Holz-Klappen, die um ihren unteren Rand nach aussen gedreht und in wagrechter Lage durch kräftige Ketten gehalten werden. Sie bilden dann eine Art Plattform, auf der eine Leiter sicher aufgesetzt werden kann, um zum Kreuz, zur Wetterfahne oder dergl. zu gelangen.

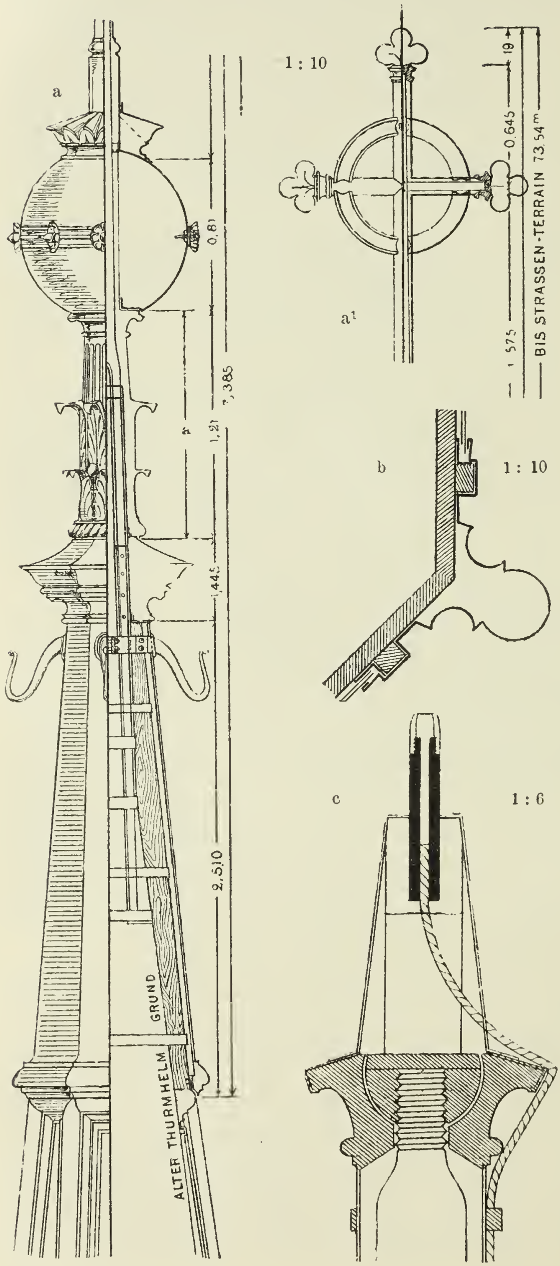
Fig. 1880 zeigt das Konstruktionsschema der obersten Thurmspitze der St. Petrikirche in Hamburg, das mit Hilfe der Beschreibung zu den ähnlichen Anordnungen noch verständlicher wird. Als Beweis, wie im Gegensatz dazu auch die einfachsten Anordnungen u. Umst. den Jahrhunderten Trotz zu bieten vermögen, sei auf die im Centralbl. der Bauverwaltung 1899 beschriebenen Dachkreuze aus dem 14. Jahrhundert verwiesen.

Das Kreuz auf der Trinitatiskirche in Dresden ist sammt Kugel (5^{m} hoch) aus 2^{mm} starkem Kupferblech gefertigt; die eiserne Spille, 13^{m} lang, ist aus 4 L-Eisen von je 10^{cm} Schenkelbreite ╬förmig zusammengenietet; davon reichen 8^{m} in den Thurm hinein und sind hier starr befestigt. Die Kugel hat $1{,}20^{m}$ Durchmesser.

Fig. 1881 a—zeigt den Helm der Jerusalemerkirche in Berlin, wie er 1879 anlässlich einer Neudeckung hergestellt wurde. Die Grate sind mit gezogenen Zinkleisten, Fig. b, verkleidet, auch der Unterknauf besteht aus Zinkblech, der Hals aus Gusszink, der Knopf aus $1{,}5^{mm}$ starkem Kupferblech, mit Aussteifung durch einen Ring aus 1×5^{cm} starkem Eisen. Die Verschraubungen der beiden Hälften sind durch die Rosetten maskirt. Die äussere Kreuzform ist aus Kupfer getrieben, die Kreuzarme sind nachträglich über das Flacheisengerippe geschoben, an den Enden verschraubt und verlöthet. Der in das Kreuz eingespannte Kreis (a^{1}) hätte auch Eisenaussteifung erhalten sollen, um nöthigenfalls eine Hakenleiter aufnehmen zu können. Am Abschluss der Schieferbekleidung wäre zweckmässiger Weise in jedem Feld ein Haken anzubringen gewesen, woran ein sog. Halsgerüst angebracht werden könnte. In Ermangelung dessen wird später einmal eine gefahrlose Untersuchung und Ausbesserung ohne Ein-

rüstung kaum möglich sein. Beim Aufbau von einer vollständigen Umrüstung aus werden derartige Vorkehrungen für die Zukunft leicht übersehen bezw. vergesssen.

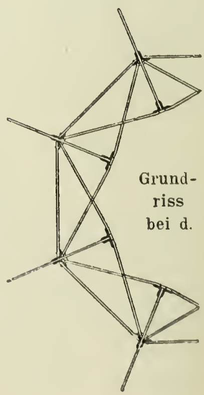
Fig. 1881 a—c.



Auch der in Fig. 1882 dargestellte Dachreiter des Kölner Domes, der lediglich aus Eisen und getriebenem bezw. gegossenem Zink besteht, wurde von einer vollständigen Umrüstung aus aufgebaut. Krabben und Kreuzblume sind, wie die Einzelzeichnungen zeigen, hier mit so kräftigen Eisenarmen verstärkt, dass sie nöthigenfalls ein Schwebegerüst zu tragen vermögen; die Metallstärken sind ausserdem so bedeutend, dass eine besondere Blitzableitung (abgesehen von dem Anschlusse nach unten) überflüssig erschien.

Beim Bau der Dankeskirche in Berlin ist das Kreuz dadurch zugängig gemacht worden, dass die Helmspitze hohl aufgemauert wurde, Fig. 1883. Mit Hilfe von Leitern kann man bis in den Fuss des kupfernen Kreuzes gelangen.

Zu Fig. 1882.



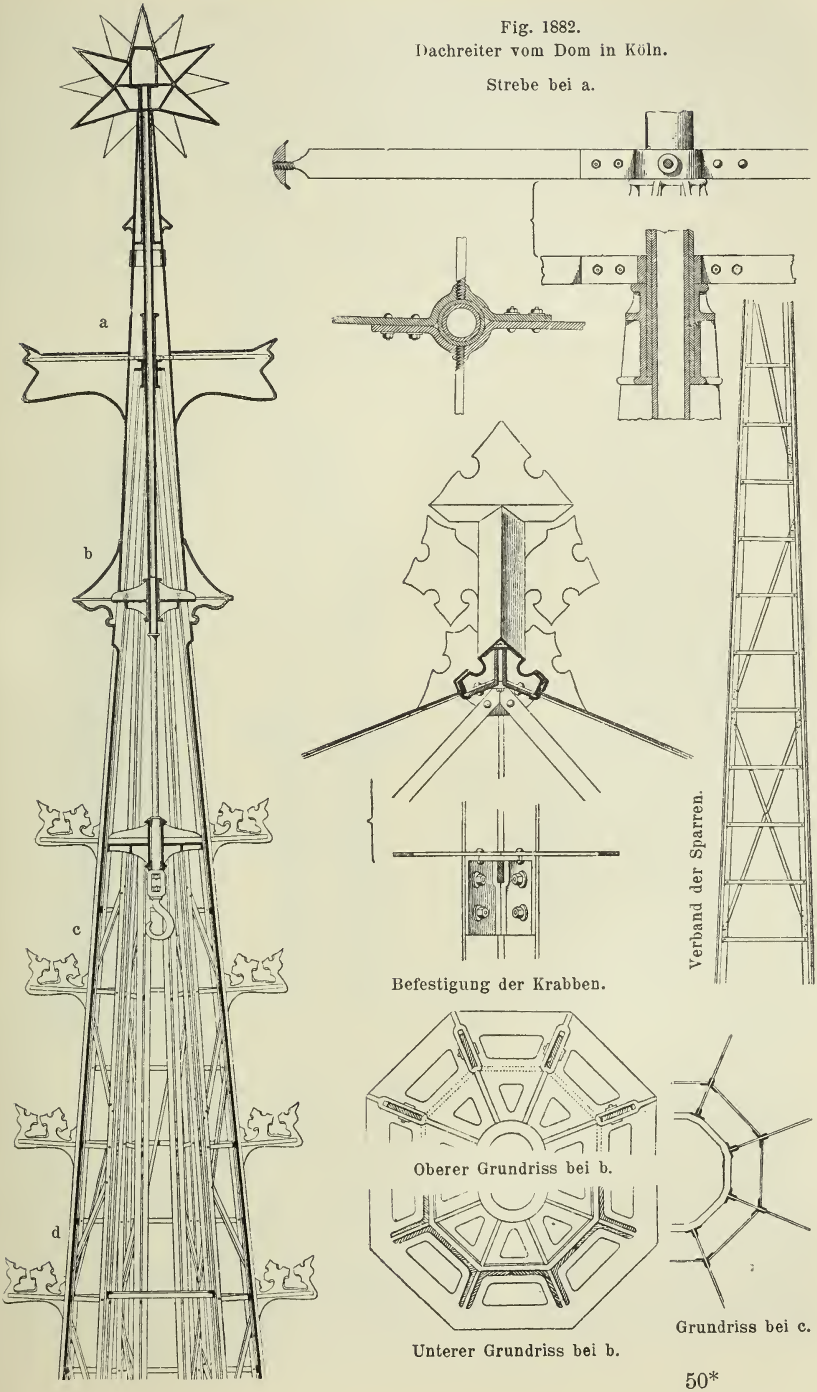


Fig. 1882.
Dachreiter vom Dom in Köln.

Auch die barock geschwungene Thurmspitze der Katholischen Hofkirche in Dresden ist in ihrem obersten Theil schornsteinartig aus Sandstein aufgebaut (und äusserlich mit Kupfer verkleidet). In beiden Fällen hätte das schwierige Einbringen von Leitern durch eingemauerte Steigeisen erspart werden können. Fig. 1884 zeigt das Stangengerüst, das beim Helmbau der Dankeskirche aufgestellt wurde. Da durch die massenhafte Ausführung freistehender Fabrikessen das Ueberhandmauern heute sich zu hoher Vollkommenheit entwickelt hat, könnte wohl auch bei derartigen Gelegenheiten davon Gebrauch gemacht und in vielen Fällen das kostspielige und oft gefährliche Aufstellen und Abtragen der Thurmumrüstungen erspart werden, wobei überdies die verbesserten Krahn- und die elektrischen Aufzugvorrichtungen zustatten kommen würden. Wo es sich darum handelt, von einem abgebundenen Hauptgerüste aus einen einzelnen Gebäudetheil noch höher zu berüsten, kann das verstellbare Eisengerüst des Greizer Eisenwerks zweckdienlich sein. Seine gewöhnliche Höhe geht zwar nicht viel über 18,5^{m} hinaus; infolge seiner guten Versteifung ist aber eine mehrfache Wiederholung übereinander wohl denkbar. Verwendet werden als Rüststangen schmiedeiserne Röhren von 45—70^{mm} äusserem Durchmesser und 4^{mm} Wandstärke, die ineinander geschoben und verschraubt sind, parallel zur Gebäudeflucht 3,40^{m}, senkrecht dazu 0,85^{m} auseinander stehen, mit Querträgern aus schmiedbarem Guss, welche auf Muffen ruhen, die von zwei Seiten an die Rohre geschraubt werden. Als Längsverbindung dienen T-Eisen, die gleichfalls mittels Muffen an den Standrohren anfassen und an denen geschlitzte Schmiedegusshülsen verschiebbar so angebracht sind, dass hochkantig gestellte Zwischen-Querträger von ihnen aufgenommen werden können. Ferner unterstützen den Längsverband die gleichfalls mit Muffen verschraubten Barrièrestangen aus Rundeisen, sowie kreuzweis zwischen den Rohrständern angeschraubte Flacheisenschienen. Mit Hilfe von Konsolstützen aus Schmiedeeisen (an verschiebbaren Rohrschellen angehängt) können auch Zwischen-Gerüstböden in beliebiger Höhe angebracht werden.

Fig. 1883.

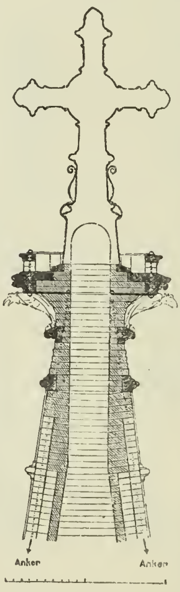
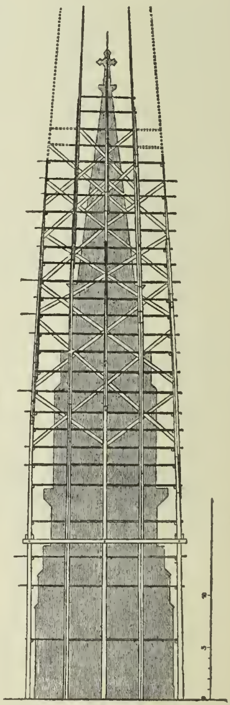


Fig. 1884.



Die Herstellung leichter Gerüste für grosse Höhen betreibt als Spezialität die „Verein. Gerüst-Bau- und Leihanstalt J. Funcke & Co., Charlottenburg“. Nicht selten ist es auch möglich, Dachaufbauten ohne Umrüstung, nur durch stückweises Zusammensetzen ihrer vorbereiteten Theile (vergl. S. 785) an Ort und Stelle anzubringen. So wurde es z. B. mit der in Fig. 1885 dargestellten Laterne der Villa Carstanjen in Godesberg gehalten, deren ☐ Eisenstäbe, die den Säulenkern bilden, von der Plattform aus durchgeschoben wurden. Darauf wurde das Eisengerippe der Haube montirt, Zinkhaube, Spitze und Wetterfahne wurden von oben aufgesetzt (mittels Schwenkkrahn?). Dann folgte die Anbringung des Holzwerkes sammt Verschalung; die Verschieferung wurde von Bockgerüsten ausgeführt, die auf auskragenden Balken standen, hätte aber, wenn die ☐ Eisen abgesenkt wurden, auch in Plattformhöhe ausgeführt werden können. Die aus Zink getriebenen Architekturtheile (die Säulen aus je zwei

Hälften bestehend) wurden zuletzt ohne Schwierigkeit angebracht und verlöthet.

Noch weiter ging man bei dem Dachreiter des Rathhauses in Hildesheim, Fig. 1886, der vollständig, mit aller Verkleidung unter Dach hergestellt wurde. Dabei waren seine Fussschwellen an den Pfetten aufgehängt, die ihn dauernd zu tragen haben und somit ohnehin

g. 1885.
Laterne der Villa Carstanjen in Godesberg.

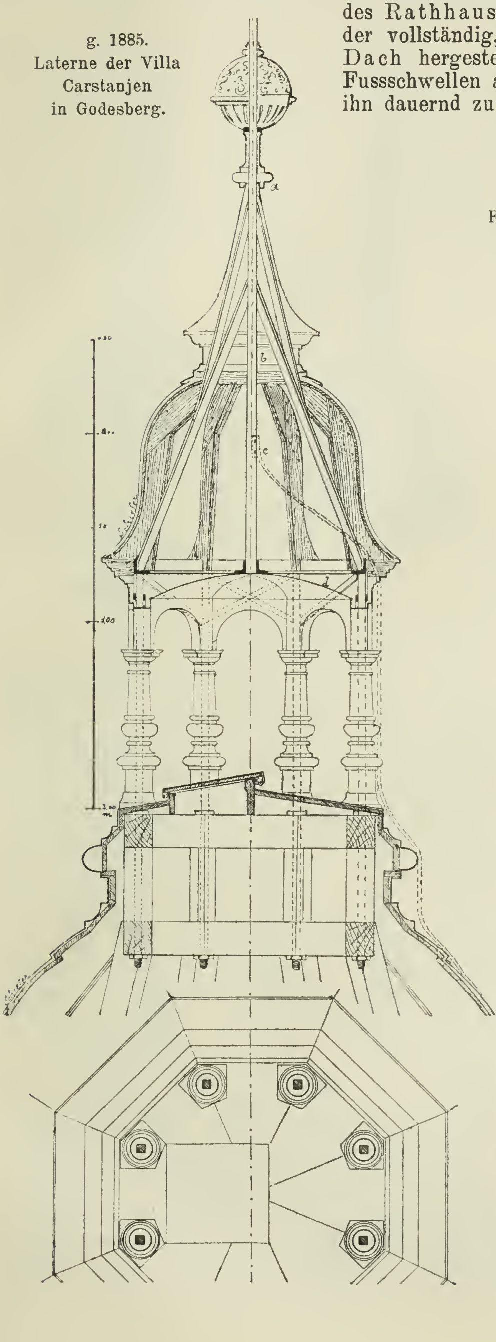
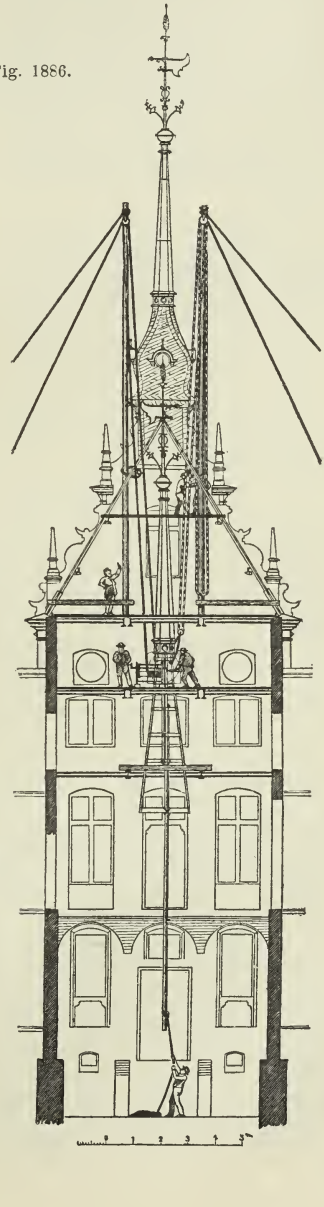


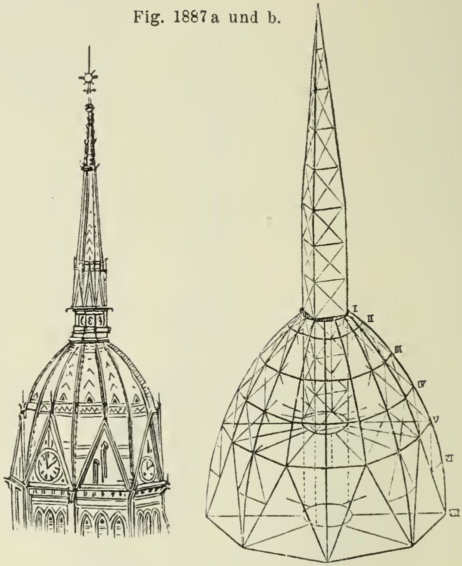
Fig. 1886.



genügend stark sein mussten. Die Hebung erfolgte durch Windenzüge, der Kaiserstuhl diente dabei als Geradehalter.

Noch kühner war Otzen beim Bau der Kirche zum Heiligen Kreuz in Berlin, Fig. 1887 a und b. Hier wurde der achtseitige, mit quadratischem Grundriss aus Eisenfachwerk aufgebaute gesammte Dachreiter an dem tragenden Druckringe der Schutzkuppel aufgehängt (vorläufig gestützt) mit allem Verkleidungswerke und der Deckung in Formziegeln versehen und so vollendet auf den Druckring gehoben. (Siehe auch Fig. 1544, S. 657 unter Kuppeldächer.)

Fig. 1887 a und b.



Bei dieser Ausführung wurden lediglich Flach- und gewöhnliche L Eisen (also mit Ausschluss besonders zu bestellender schiefwinkliger) verwendet und war dem Architekten Gelegenheit geboten, alle Theile zu prüfen, bevor die Hebung begann. Es ergab sich auch eine ganz bedeutende Ersparniss an Arbeits- und Aufsichtskosten.

g. Bildsäulen, Adler und Wappenthiere.

Die Aufstellung gegossener oder getriebener Bildwerke auf gemauertem Unterbau bereitet namentlich dann Schwierigkeiten, wenn sie erst nach Fertigstellung der anderen Arbeiten erfolgen kann, sodass ihre Hebung nicht gleichzeitig mit dem Höherführen jener stattfindet. Lehrreich ist in dieser Hinsicht das im Centralbl. d. Bauverw. 1883 beschriebene und dargestellte Aufbringen der Giebelfiguren des Joachimsthal'schen Gymnasiums in Berlin; ferner die Beschreibung von den Aufstell-Vorrichtungen für die Freiheitsstatue im Newyorker Hafen, die sich vorfindet in den Proceed. of the Inst. of Civ. Eng. 1886/87. — Von den Rüstungen, die beim Aufbau des Niederwald-Denkmals zur innerlichen Anwendung gekommen sind, um die Riesenfigur zu tragen und auszuspreizen, hat der Bildhauer selbst im Jahrg. 1892 des „Civil-Ingenieur", S. 661 eine interessante Beschreibung nebst genauen Zeichnungen geliefert.

Wappenhalter werden meist mit einem Eisen- oder Stahlgerüst ausgesteift; bei sitzenden Figuren ist dessen Befestigung am Unterbau leicht ausführbar, wenn die durch Füsse und Sitz heraustretenden Gestänge der Gerippe in genau passende Hülsen der Deckplatte (des Gesimses usw.) von oben eingeschoben werden, wobei ein Uebergreifen der bezügl. Bildtheile über die etwas vorstehenden Hülsen — zur Abhaltung eindringenden Wassers vorzusehen ist.

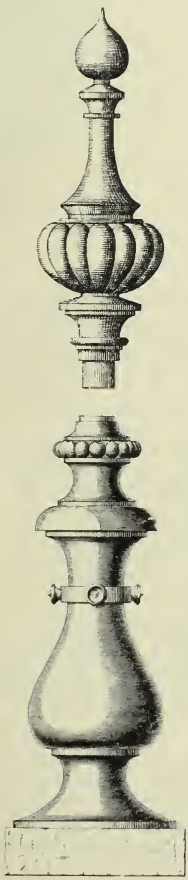
Fliegende Adler und aufrecht stehende Vierfüssler bieten oft nur zwei Befestigungspunkte und die durchgehenden Gestänge können (namentlich bei Adlern) nicht die genügende Stärke erhalten; alsdann ist es nöthig, eine dritte, wenn auch leichte Zugverbindung (aus dem Schweif hervortretend) herzustellen, wobei die beiden Zapfen der Krallen auf Biegung inanspruch genommen werden müssen. Ist diese dritte Verbindung unthunlich, so muss zur schraubenartigen Verschränkung der beiden Krallengestänge bezw. deren Einsatzhülsen gegriffen werden, sodass behufs Einsenkung der Adler usw. eine schraubenartig niedergehende Bewegung erforderlich ist. Natürlich muss, da in solchen Fällen eine Verschraubung unwirksam wäre, für genügendes Gewicht gesorgt werden,

damit auch ein stärkerer Wind den Adler nicht abheben kann, wenn es unmöglich ist, durch verdeckt liegende Anker- od. Pendelstangen ausreichende Belastung zu erzielen.

Vielleicht würde auch das Prinzip der lösbaren Keilverschraubungen in solchen Fällen sich anwendbar erweisen.

Bei Figuren, die auf Giebelspitzen oder ähnlichen Orten freiragend, oft sogar „schwebend", aufgestellt werden, machen die Steifstangen und Verankerungen an der Rückseite einen überaus unbeholfenen, ernüchternden Eindruck. Sie sind oft zu vermeiden, wenn die im übrigen hohle Figur in ihrer unteren Hälfte mit Blei ausgegossen wird. Die in Fig. 1830, S. 757 gezeichnete Fama auf der Dresdener Ausstellungskuppel ist im Inneren mit einer etwa 10 cm starken Quadrat-Eisenspille versehen, die mit der Kuppelkonstruktion fest verbunden ist, bis in den Kopf der Figur reicht und an der die letztere vielfach angenietet ist. Die Kugel enthält ein ganzes System von Aussteifungsringen. Flügel und flatternde Gewandtheile können bis zu einem gewissen Punkt beweglich angesetzt werden, sodass sie dem Wind etwas nachgeben und durch ihr eigenes Gewicht in die Schwerpunktlage zurückkehren.

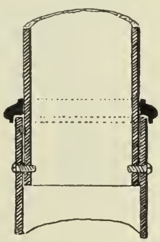
Fig. 1889 a und b.



Bei den grossen Brunnen auf dem Albertplatze in Dresden erforderte die schwere in Bronzeguss hergestellte obere Schale ein tragendes, durch den gleichfalls bronzenen Unterbau vollkommen verdecktes Gerüst. Dieses wurde so entworfen, wie man es aus Walzeisen konstruirt haben würde, aber gleichfalls in Bronze, mit angegossenen Laschenverbindungen usw., ausgeführt. — Auch für den aus Kupfer getriebenen Wettinobelisk auf dem Taschenberg in Dresden bestand die Absicht, ein inneres Bronzegerüst zu errichten und die ganze Kupferarbeit frei schwebend an der Obeliskspitze darüber aufzuhängen, blos im Sockel verschieblich geführt. Die ganze Metallmasse hätte dann den Temperaturschwankungen ungehindert folgen können. Statt dessen hat man dann bei der Ausführnng leider ein Eisengerüst eingebaut und die Kupferplatten daran fest genietet.

Die aus Bronze gegossene Riesenfigur der Bavaria in München, bis zur Spitze des erhobenen Kranzes 19,3 m hoch, hat sich in den fast 50 Jahren ihres Bestehens gut bewährt, weshalb ihre innere eiserne Gerüstanordnung noch heute Beachtung verdient. Auf einer eisernen Wendeltreppe gelangt man verhältnissmässig bequem bis in den Kopf der Statue.

Fig. 1888.



h. Flaggenmaste.

Anstelle der hölzernen Fahnenmaste auf den Dächern, die obgleich allen Witterungseinflüssen ausgesetzt, doch nur schwierig unter Aufsicht gehalten werden können und deshalb häufig zu Unfällen Anlass geben,*) sich auch meist krumm ziehen und mit der Blitzableitung sich nicht organisch verbinden lassen, werden jetzt meist hohle Eisenmaste aufgestellt. Wenn sie nicht aus einem Stück konisch gewalzt sind (Mannesmannrohr), erfolgt die Zusammensetzung der verschieden weiten Rohre meist wie in Fig. 1888 dargestellt. Man vermeidet dann auch, sie auf einen Holzstiel des Dachverbandes aufzupropfen und setzt sie meist auf einer Schwelle oder einem Trumpfholz über der Balkenlage fest, durch

*) Ueber Schutz hölzerner Flaggenstangen gegen Bruch und über Befestigung der Flaggen vergl. Mittheilungen in der Deutschen Bauztg. 1886, S. 323 u. 623.

Schellen- oder Halseisen an der nächsten Pfette gehalten. Fuss und Spitze kann mit gepressten Zinkblechsockeln bezw. -Knäufen (Fig. 1889 a und b) ausgestattet werden; bei monumentalen Ausführungen verwendet man bronzene Fahnenspitzen. Um die Spitze im Nothfall ersteigen zu können, dienen Rohrschellen der in Fig. 1890 dargestellten Art.

Die verbesserten Einrichtungen zum Hissen und Raffen bezwecken leichte und sichere Handhabung des Mechanismus, sowie Verhütung des Hängenbleibens und Verwickelns des Flaggentuches und der Leinen.

Das eine diesem Zwecke dienende System: Heinrich in Berlin, verwendet metallene, hohle, mit Mittelbunden versehene Fahnenstangen, durch deren Inneres ein verzinktes Drahtseil (als Aufzugleine) läuft (Fig. 1891, 1—5). Der obere Theil des Kernrohres (a) trägt den unteren Theil eines Kugellagers (b) und auf diesem steht, drehbar, das oberste Stück (c) der Stange mit Rollenkloben und Rolle (d und e). An dem oberen Seilende (f) hängt der teleskopartig verstellbare Fahnenhalter (g) aus verzinkten Stahlröhren, über den die auf einem Rohr von entsprechendem Durchmesser befestigte Fahne aufgeschoben wird. Eine Druckfeder sorgt für leichtes Herabfallen des Fahnenhalters, ein loser Ring mit Klemme ermöglicht das Halbmast-Flaggen.

Fig. 1892.

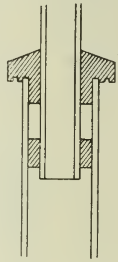


Fig. 1890.

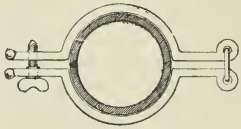
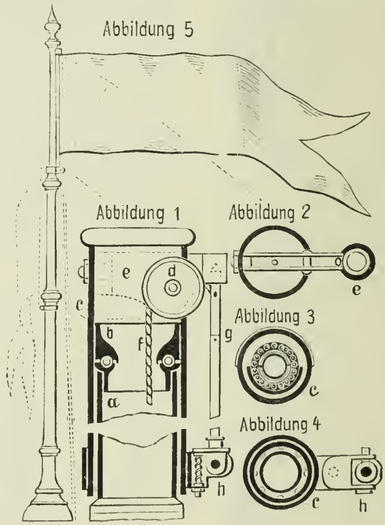


Fig. 1891.



Xaver Kirchhoff in Berlin, vermeidet grundsätzlich jede Schwächung der Rohrwandungen der Fahnenmaste durch Vernieten oder Verschrauben und setzt deshalb die einzelnen Theile durch je zwei Passringe, Fig. 1892, zusammen, deren oberer mit Wasserschräge und Regennase versehen ist. Bei 10 m Höhe betragen die Stangendurchmesser 83, 102 und 127 mm. Anstatt des einfachen Flaggenklobens mit zwangläufiger Leinenführung wird auch unter der Stangenspitze ein polirter, wagrechter Ring angebracht, der das Drehen des Fahnentuches nach dem Winde und das Einziehen einer neuen Fahnenleine, solange die alte nicht herabgeglitten ist, ohne Besteigen oder Umlegen der Stange ermöglicht. Als Fahnenseil verwendet Kirchhoff ein aus bestem Hanfgarn geklöppeltes (nicht drellirtes), getalgtes Seil von 10 mm Durchmesser. Den Anschluss an die Blitzableitung vermittelt eine um den Stangenfuss gelegte Anschlussschelle.

Die grossen in der Hauptstrasse in Dresden errichteten Flaggenmaste bestanden aus Kiefernstämmen, die unten in reich skulptirten Bronzefüssen steckten. Die senkrechte Stellung wird durch eiserne Gitterständer gesichert, die in die Betonfundamente mit eingestampft wurden, oben aber nirgends zur Erscheinung kommen. Leider müssen schon jetzt die Holzmasten durch Eisen ersetzt werden.

Zur Befestigung von schräg vorgestreckten Fahnen an Gebäudefronten dienen Fahnenhalter, aus einer längeren Rohrhülse, Fig. 1893, oder aus einem oder mehreren Führungsringen, Fig. 1894, deren Lichtweite dem Stangendurchmesser entspricht, bestehend; sie werden durch einfache oder reich verzierte Arme oder Konsolen in richtiger Stellung und Entfernung vom Gebäude gehalten. Das Fuss-

ende der Stange nimmt eine konische Tülle auf, die unmittelbar an der Gebäudemauer befestigt ist, manchmal aber einen durchlochten Boden hat, damit das Stangenende durchgesteckt und von hinten verschraubt werden kann. Es empfiehlt sich, die Ausleger auch gegen seitliche Schwankungen zu verspreizen. Selbstredend kann als Material nur Schmiedeisen infrage kommen, indessen kann das zugehörige Wandschild aus gepresstem Zinkblech angefertigt werden. Die Verankerung derartiger Halter für schwere Masten und Fahnen sollte immer durch die ganze Mauerdicke reichen.

Fig. 1893.

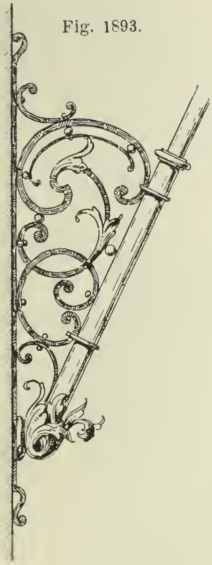


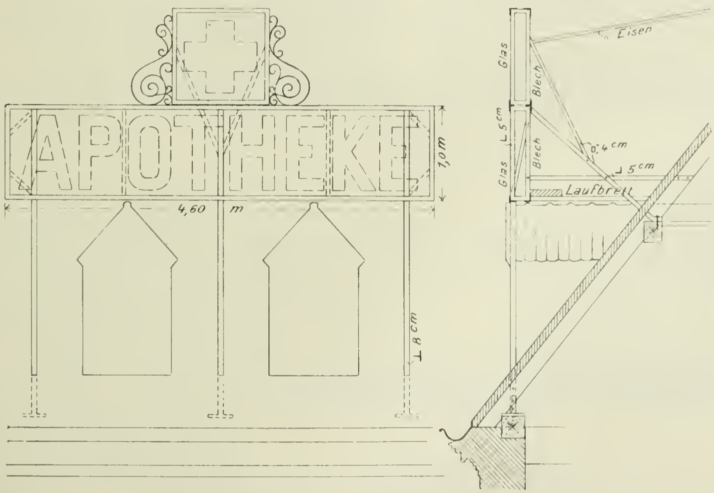
Fig. 1894.



i. Reklameschilder.

Die als modernes Reklamemittel sehr in Aufnahme gekommenen **Dachfirmen** oder **Luftschilde** bestehen entweder aus einem blossen Eisenrahmen (meist aus Winkeleisen), an dem die aus Zink- oder verbleitem Eisenblech hergestellten Buchstaben, von der oberen bis zur unteren Wagrechten durchreichend, angenietet werden, oder es ist zwischen dem Eisenrahmen ein Drahtgewebe ausgespannt, woran

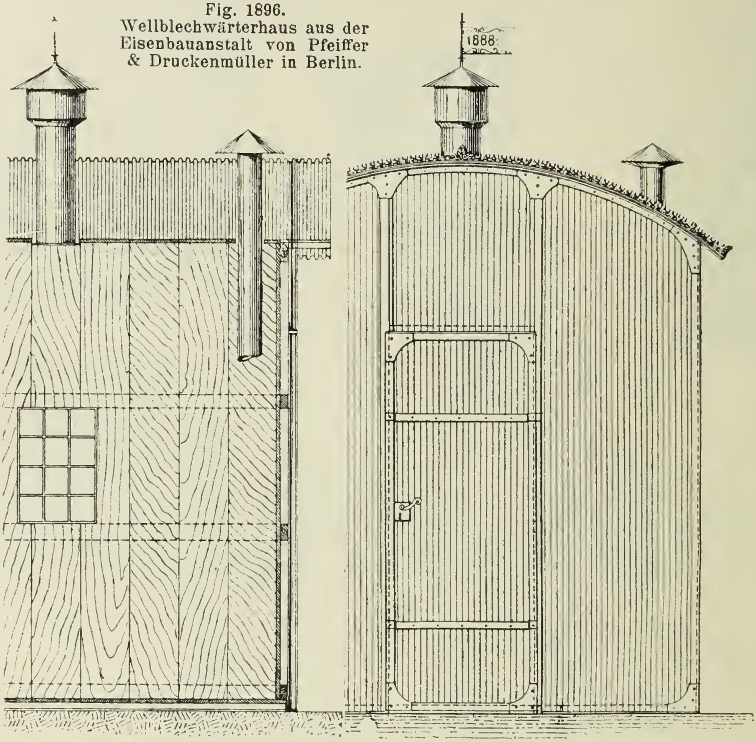
Fig. 1895.

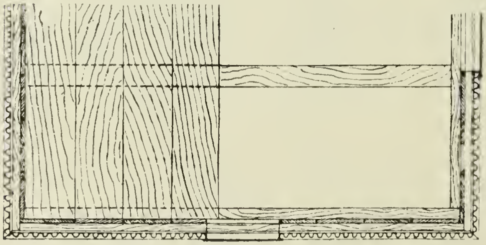


die ebenfalls aus Metallbuchstaben verschiedener Grösse bestehende Inschrift, ein- oder mehrzeilig, angelöthet wird. Die Anbringung solcher Firmen erfolgt zwischen □ Eisen, die an oder in der Firstpfette befestigt und unter

Umständen durch seitliche Anläufer (geschmiedetes Ranken- oder Rollwerk) gestützt werden. Bei der Herstellung der Dichtung in der Eindeckung muss man mit den unvermeidlichen Bewegungen durch Temperaturwechsel und Erschütterungen durch Windstösse rechnen, (Zinkblechtrichter, Anschlussdeckung mit Bleiblech); auch der Anschluss an die Blitzableitung darf nicht vergessen werden.

Fig. 1896.
Wellblechwärterhaus aus der Eisenbauanstalt von Pfeiffer & Druckenmüller in Berlin.





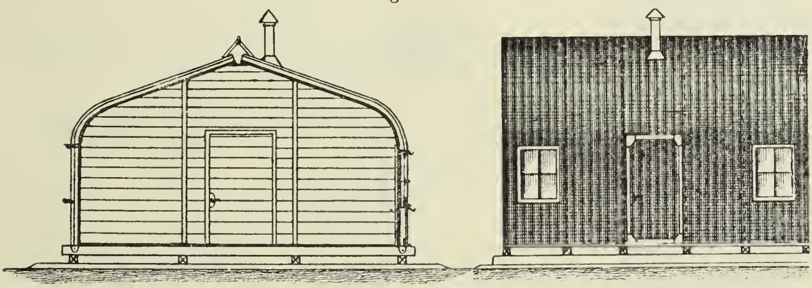
Eine andere Art von Dachfirmen sind die Transparente mit an der Rückseite angebrachten elektrischen Glühlampen. Sie werden weniger durch den Sturm als durch den Schnee gefährdet, weshalb sie so hoch über der Dachfläche anzubringen sind, dass der Schnee ungehindert darunter abrutschen kann. Ein Beispiel ist in Fig. 1895 dargestellt. Der 4,5 m lange, ohne den Aufsatz 1 m hohe Kasten ist über Winkeleisenrahmen aus Eisenblech, an der Vorderseite aus farbigen Glasplatten (mit der Firma) bestehend, zusammengenietet und an der Rückseite mit 4 Schiebern versehen, um von dem Laufbrette aus leicht zu den Glühlampen gelangen zu können.

XVII. Bauten in vollständigem Eisenfachwerk und in Wellblechkonstruktion.

In den einzelnen vorhergehenden Kapiteln, welche die Metallkonstruktionen des Aufbaues behandeln, sind an verschiedenen Stellen bereits die Vorzüge des Eisenbaues im Einzelnen gewürdigt worden. Die hauptsächlichsten derselben sind: Hohe Standfestigkeit bei geringerem Gewichte gegenüber dem Massivbau, also geringere Bodenbelastung, ferner Ersparniss an Raum und Einfachheit und Schnelligkeit der Aufstellung des Baues. Die beiden erstgenannten Eigenschaften haben Ausführungen ermöglicht, die im Massivbau überhaupt nicht denkbar wären, wie z. B. die Thurmhäuser Nordamerikas, den 300 m hohen Eiffelthurm in Paris, die weitgespannten Hallen der Neuzeit usw., sie haben in Verbindung mit der dritten Eigenschaft der Raumersparniss dem Eisenbau bei Geschäfts- und namentlich bei Werkstattgebäuden ein weites Feld der Anwendung eröffnet und die letzte Eigenschaft hat das Eisen bei Ausführungen, die nur für kürzere Dauer bestimmt sind, wie namentlich Ausstellungsbauten, bei solchen, die häufiger versetzt werden müssen, schliesslich bei Bauten, die in überseeischen Gegenden mit ungeübten Arbeitskräften ausgeführt werden müssen, zum vorherrschenden Baustoff gemacht.

Für kleinere Bauten, wie Bahnwärter- und Wächterhäuschen, Buden für Bau- und Lagerplatzaufseher, schliesslich für Baracken aller Art, bei denen die Rücksichten auf Dauerhaftigkeit, Feuersicherheit, Sicherung gegen Einbruch usw. die

Fig. 1897.



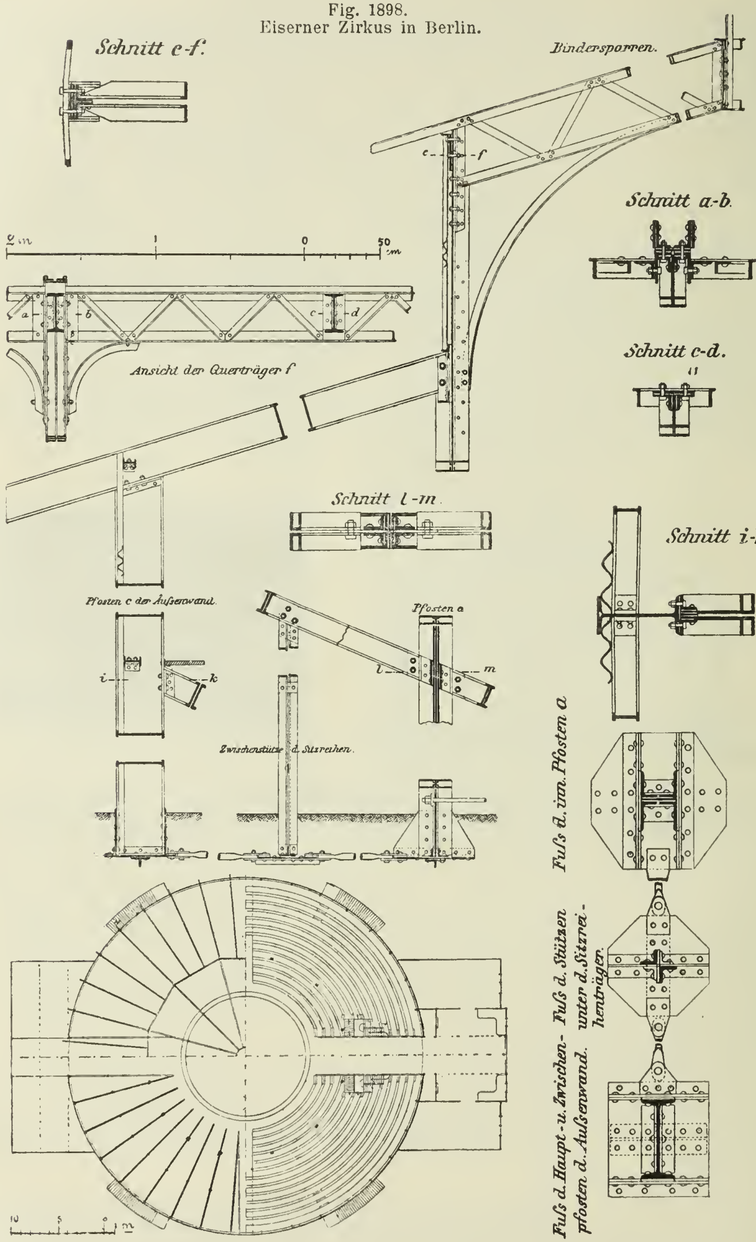
Anwendung des Holzbaues nicht gestatten, ist Wellblechkonstruktion die beliebteste Ausführungsart geworden. Wir haben auf S. 570 in Fig. 1369 bereits eine recht zweckmässige Ausführung dieser Art gezeigt und lassen in Fig. 1896 eine zweite Konstruktion dieser Art aus der Werkstatt der Eisenbauanstalt Pfeiffer & Druckenmüller in Berlin folgen. Das Häuschen besteht aus verzinktem Wellblech von 1 mm Stärke, das an den Ecken durch L Eisen besäumt ist, während die Thürrahmen aus ⊥ Eisen hergestellt wurden. Wie bei dem oben genannten Beispiel ist die Innenseite durchweg mit Holz verschalt, um den Innenraum der starken Einwirkung der äusseren Temperatur zu entziehen. Diese Verschalung wird durch Rahmhölzer und Bohlen, die auf das Wellblech aufgenagelt sind, in einem gewissen Abstand von letzterem gehalten, sodass durch den luftgefüllten Hohlraum eine weitere Isolirung entsteht.

Für Mannschaftsbaracken, Lokomotivschuppen für Feldeisenbahnen ist eine Form beliebt, wie sie Fig. 1897 darstellt. Die Kielbogenform giebt dem Bau bei schwacher Aussteifung der Wellblechwände eine hohe Steifigkeit. Auch diese Baracken sind wie die vorher aufgeführten Häuschen in leicht transportable Theile zerlegbar und in einfacher Weise durch Haken oder Schraubenbolzen wieder zusammenzusetzen.

In Verbindung mit Glas wird das Eisenfachwerk zur Konstruktion von Kiosken aller Art, Gewächshäusern und Hallenkonstruktionen, wie bereits an einer grösseren Zahl von Beispielen erläutert wurde, verwendet, in Verbindung mit Gusseisenplatten zur Wandverkleidung, namentlich für freistehende Bedürfnissanstalten.

Zu Wohnhausbauten hat der reine Eisenbau in der Hauptsache wohl nur

Fig. 1898.
Eiserner Zirkus in Berlin.



in den Kolonien Verwendung gefunden. Es kommen hier Wellblechkonstruktionen infrage oder solche nach Art der Fig. 1374, S. 571. Zu erwähnen ist hier auch das

französische System Danly.*) Die Wände bestehen hier aus zwei in Abstand von 16 cm liegenden Häuten von 1 mm starkem verzinkten Stahlblech, das an den Rändern rechtwinklig umgefalzt und durch Ausbuckelungen versteift ist. In wagrechtem Sinne werden diese Bleche durch 1,6 mm starke Streifen verbunden, in lothrechtem durch ⊥ Eisen, deren Stege in die genannten wagrechten Streifen einklinken. Letztere sind übrigens vielfach gelocht, um der Luftbewegung innerhalb der Wände freien Spielraum zu lassen. Die Gebäudeecken und die Anschlüsse der Quermauern im Inneren, welch' letztere

Fig. 1899 a

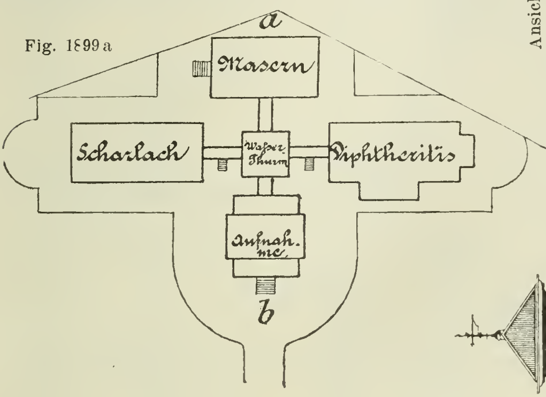
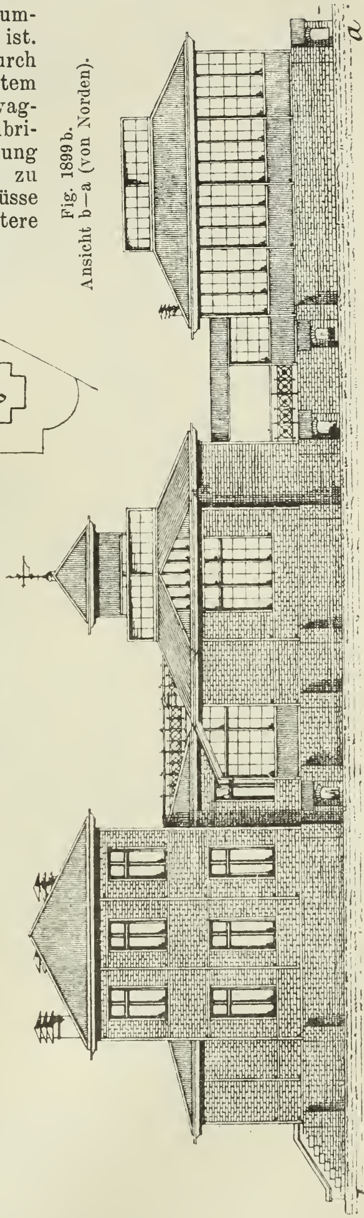


Fig. 1899 b.
Ansicht b—a (von Norden).



ebenfalls aus zwei Blechhäuten in 8 cm Abstand bestehen, sind durch besondere Formstücke hergestellt. Alle Verbindungen sind durch Bolzen hergestellt, für welche die Löcher in allen Konstruktionstheilen schon in der Werkstatt vorgebohrt sind. Da die Bolzenabstände und auch die Abmessungen aller Konstruktionstheile ein Vielfaches eines einheitlichen Grundmaasses (0,192 m) sind, ist eine Zusammensetzung auch in verschiedener Weise ohne weiteres möglich. Derartige Ausführungen sind von grosser Leichtigkeit.

Hingewiesen sei ferner auf das System „Isothermal" von Heilemann in Berlin, vergl. Dtsche. Bauztg. 1889, S. 503.

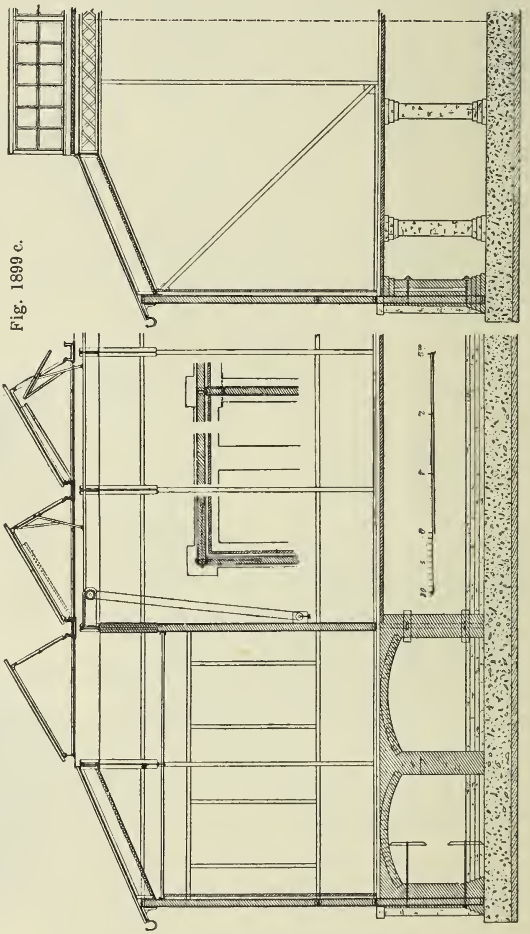
Ein bedeutendes Beispie eines reinen Eisenbaues war der, jetzt nicht mehr bestehende, eiserne Zirkus (vorm. Kremser) in Berlin, der im Jahre 1886 nach den Entwürfen von Reg.-Baumstr. Koenen von der Eisenbauanstalt „Cyklop" in Berlin hergestellt worden ist (vergl. Fig. 1898). Für die Ausbildung der Konstruktion waren als besondere Gesichtspunkte maassgebend gewesen: grösst-

*) Nouv. Annales de la construction 1888, S. 135.

mögliche Feuersicherheit, geringe Bodenbelastung und vor allem die Möglichkeit, den Bau rasch niederlegen, mit der Eisenbahn transportiren und wieder aufstellen zu können unter möglichst geringem Aufwand an Zeit und Geld.*)

Der Bau hat 38 m Gesammtdurchmesser, der Ring für die inneren Stützen 21,80 m. Die Pfosten, deren Füsse nur 30 cm tief im Boden stehen, belasten denselben mit 2,5 kg auf 1 qm. Sämmtliche Einzelglieder als Pfosten, Träger usw. sind mit Schrauben verbunden; alle inneren und äusseren Wandungen, Decken und Dächer aus flachem 1 mm starkem verzinkten Wellblech hergestellt. Die innere Decke ist mit angestrichener Malerleinwand behängt, während über dem Blechdach noch ein Pappedach auf Schalung liegt; die Zwischenräume zwischen beiden Deckungen mussten luftdicht nach aussen abgesperrt werden, um das Abtropfen von Schwitzwasser von der Decke zu verhüten.

Fig. 1899 c.



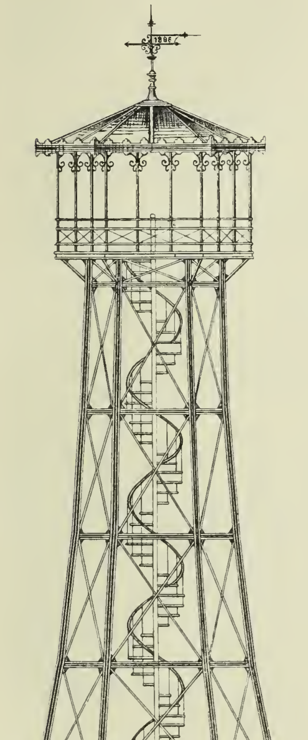
Nach etwa $1^1/_2$jährigem Bestande musste der Zirkus abgebrochen, um auf einem benachbarten Grundstücke von neuem errichtet zu werden. Die Kosten der Versetzung waren bezügl. des Eisenbaues sehr gering, aber diejenigen der vollständig neu herzurichtenden Gas-, Wasser- und Entwässerungsleitungen, sowie der Stoffbekleidungen der Decke usw. — welche weniger „beweglich“ ausgeführt waren — haben die Ausgaben auf ungefähr die Hälfte der ursprünglichen Baukosten gesteigert.

Weit ausgedehnter als das Anwendungsgebiet des reinen Eisenbaues, bei dem also auch die Wandflächen in Eisen hergestellt werden, ist dasjenige des Eisenfachwerkbaues, bei welchem zwar die tragende Konstruktion in Eisen, die Ausfüllung der Wandfache dagegen in Stein oder in einem anderen Material erfolgt, das vor dem Eisen den Vorzug geringerer Wärmedurchlässigkeit und grösserer Dauer besitzt. Wie schon erwähnt wurde, hat zwar auch der Eisenfachwerkbau bei uns im Wohnhausbau noch keinen rechten Eingang gefunden, um so mehr dagegen namentlich in der Herstellung von Fabriken und Werkstätten. Vergl. hierzu die Ausführungen und Abbildungen auf S. 563—566.

*) Vergl. Dtsche. Bauztg. 1887, No. 33.

Ein besonderes Beispiel dieser Art giebt das Kinderkrankenhaus für ansteckende Krankheiten der Charité in Berlin, das in Fig. 1899a—c in Gesammtgrundriss, Seitenansicht, zwei Hauptschnitten und Einzelheiten dargestellt ist. Dasselbe wurde von Baurath Kluthmann entworfen und von der Eisenbauanstalt Pfeiffer & Druckenmüller in Berlin durchgearbeitet und hergestellt.

Fig. 1900.



Es war hier die Aufgabe, eine sogen. Baracken-Station derart herzustellen, dass eine Durchdringung der Umschliessungen durch Infektionsstoffe zwar ausgeschlossen erschien, aber im ungünstigsten Falle nur geringe Unkosten und Zeitaufwände zur Beseitigung der etwa geschädigten Theile aufzuwenden sein würden. Eine nicht minder berechtigte Forderung war die der leichtesten Durchlüftung und Erhaltung der den Zwecken jedes Einzel-Pavillons entsprechenden Dauer-Temperatur.

Die Aussenwandungen sind mit harten Verblend-Hohlsteinen 13 cm stark ausgeführt und haben eine Verdoppelung durch 4 cm starke Monierplatten bei 4 cm Luftraum erhalten. Die Zwischenwände, ebenfalls in Eisenfachwerk, sind mit harten Backsteinen in Zement gemauert und geputzt. Sämmtliche Decken sind — wie die Dächer — aus Wellblech 30 . 37,5 . 1 mm ausgeführt; die Decken über den Fluren und die Zwischendecke in dem zweigeschossigen Aufnahmeflügel aus bombirten Blechen hergestellt. Die unter den Dachflächen liegenden Blechdecken haben eine 10 cm starke Lehmüberschüttung erhalten. Der Fussboden ist bei 1 m breiter Freilage zwischen den Pfeilerchen aus 5 cm starken Monierplatten mit ebenso starkem Terrazzo-Belag ausgeführt.

Eine besondere Gruppe bilden schliesslich die eisernen Gerüstbauten, bei denen geschlossene Wandflächen überhaupt in Wegfall kommen. Hierhin gehören namentlich Thurmkonstruktionen der verschiedensten Art, z. B. zur Unterstützung hochstehender Wasserbehälter, für Leucht- und Aussichtsthürme usw. Ein kleines Beispiel giebt die Fig. 1900 wieder. Die Konstruktion dieser Unterbauten erfolgt nach denselben Grundsätzen wie von Eisenfachwerken bezw. Fachwerkstützen. Die bedeutendste Ausführung dieser Art, die überhaupt bisher geleistet worden ist, bietet der 300 m hohe Eiffelthurm in Paris, der gelegentlich der Weltausstellung 1889 errichtet worden ist. —

VI. Baumaterialien und Baukonstruktionen, insbesondere nach ihren gesundheitl. Eigenschaften behandelt.

Bearbeitet von Professor F. W. Büsing,
Dozent an der Technischen Hochschule zu Berlin - Charlottenburg.

Einige von den Eigenschaften des Baugrundes der Baumaterialien und der Baukonstruktionen sind für die Gesundheit der Menschen, wenn diese ihren Einflüssen längere oder kürzere Zeit unterworfen sind, von mehr oder weniger weitgehender Bedeutung. Theils stehen diese Einflüsse seit lange erfahrungsmässig fest, theils werden sie von der hygienischen Wissenschaft erwiesen, bezw. als erwiesen oder als wahrscheinlich angenommen.

Im Nachstehenden soll über den Zusammenhang jener Eigenschaften mit der menschlichen Gesundheit eine kurze Darlegung gegeben werden. Eingehender wird dabei aber nur der Hochbau behandelt werden. Weitergehende Rücksichten — wie z. B. auf Festigkeit, Feuersicherheit, Form usw. der Baustoffe werden nur soweit in die Besprechung einbezogen, als sie mit den die Gesundheitspflege berührenden Seiten in einem nahen Zusammenhange stehen.

I. Allgemeines über die gesundheitliche Bedeutung von Feuchtigkeit und Wärme.

Feuchtigkeit und Wärme sind von mittelbarer und unmittelbarer Wirkung auf die Gesundheit.

Feuchtigkeit wirkt durch die Verdunstung abkühlend auf die Luft und beläd dieselbe in höherem Grade mit Wasserdampf als den Athmungsorganen zuträglich oder angenehm ist. Feuchtigkeit erschwert auch die Reinhaltung des Hauses und erzeugt, durch Beförderung von Moder und Fäulniss, üble Gerüche, welche Faktoren ihrerseits den allgemeinen Gesundheitszustand der Hausbewohner beeinflussen: disponirend auf die Entstehung von Krankheiten wirken. Feuchtigkeit wirkt lockernd und lösend auf eine grössere Anzahl von Stoffen, wie z. B. Mörtelputz, Farbenanstriche der Wände, Tapetenpapier und erzeugt dadurch Schmutz, Staub usw. In unmittelbarer Weise kann Feuchtigkeit zur Entstehung und Ausbreitung von Infektionskrankheiten die Ursache werden, indem sie die Lebensbedingungen für pathogene Mikroben verbessert, oder auch erst schafft; für die Lebensfähigkeit mehrerer Arten von krankmachenden Keimen ist ein gewisser Grad von Feuchtigkeit unerlässliche Bedingung. Dasselbe gilt für die Entstehung und Ausbreitung des Hausschwamms in Gebäuden, über dessen Giftigkeit Verschiedenheiten der Ansichten bestehen, dessen mittelbare Schädlichkeiten aber sehr gross sind.

Hinsichtlich der Bedeutung, welche die Wärme für die menschliche Gesundheit besitzt, braucht an dieser Stelle, unter Verweis auf später Folgendes, fast nur an das „künstliche Klima“ der Wohnungen erinnert zu werden mit seiner Begleiterscheinung von mikroskopischem Leben. Die Wärme begünstigt die Entstehung von Moder und Fäulniss; die Temperaturgrenzen, innerhalb deren solches Leben existenzfähig ist, liegen im allgemeinen weit auseinander, während diejenigen Grenzen, innerhalb deren Vermehrung der Mikroben stattfindet, meist enger zusammenrücken.

Das Zusammenwirken von Feuchtigkeit und Wärme ist dem Allgemeinbefinden weniger zuträglich als die gemeinsame Wirkung von Trockenheit und Wärme. Die vereinigte Wirksamkeit von Feuchtigkeit und Wärme bringt durch erhöhte Begünstigung von Fäulniss und Mikrobenleben besondere Gefahren mit sich, die bei gemeinsamer Wirkung von Trockenheit und Wärme nicht, oder wenigstens nicht in gleichem Umfange vorhanden sind. Andererseits sind bei methodischer Anwendung Wärme und Feuchtigkeit, jeder Zustand sowohl für sich als beide vereint, wichtige Vorbeugungs- sowohl als Wiederherstellungs-Mittel der Gesundheit.

Im physikalischen Sinne bestehen zwischen Feuchtigkeit und Wärme nahe Verwandtschaften und Beziehungen. Durch beide werden Körper ausgedehnt; beide bewirken dadurch Lockerung des Gefüges. Verbindungen von Stoffen im nassen oder feuchten Zustande werden durch Wärme befördert. Verdunstung von Wasser — oder Feuchtigkeit — erfordert den Verbrauch grosser Wärmemengen (1 l Wasser mehr als 600 Wärmeeinheiten), woraus sich die starke Abkühlung erklärt, welche Körper erfahren, von deren Oberfläche Wasser oder Feuchtigkeit verdunstet. Hinzukommt, dass Wasser stark leitend für Wärme ist; nasse oder feuchte Körper, nasser Boden werden daher im Vergleich zu Körpern oder Boden von trockener Beschaffenheit immer kalt sein; ein kaltgründiger Boden ist, umgekehrt, gewöhnlich auch nass.

Unterschiede von Belang ergeben sich in der Wirkung von Wärme und Feuchtigkeit darnach, ob es sich um das natürliche (Aussen-) Klima, oder um das künstliche (Innen-) Klima unserer Wohnungen handelt. Gegen letzteres, namentlich gegen seine Schwankungen und Unterschiede, zeigt der Körper eine höhere Empfindlichkeit als gegen ersteres.

Unser Körper erträgt im Freien ohne Beschwerde höhere Temperaturen und höhere Luftfeuchtigkeit als im geschlossenen Raume. Hierbei spielen aber auch Raumgrösse, Luftbeschaffenheit des Raumes und Gewöhnung des Menschen bedeutende Rollen. Und ausserdem wird hohe Temperatur, sowie hohe Luftfeuchtigkeit viel leichter ertragen wenn die Körperoberfläche ihren Einflüssen an allen Stellen in etwa gleichem Maasse ausgesetzt ist, als wenn an je zwei oder mehr Stellen erhebliche Wärme- oder Feuchtigkeits-Unterschiede bestehen. —

II. Oberflächengestalt und Bodenbeschaffenheit.

Vielfache Beobachtungen haben ergeben, dass die Bewohnerschaft von Häusern in Thalsenken, oder Kesseln, oder am Fusse von Hängen, auch in Flussthälern, in höherem Maasse für gewisse Krankheiten empfänglich ist als die Bewohnerschaft von erhöht liegendem Gelände; entsprechend machen sich Unterschiede in den Sterblichkeitszahlen bemerkbar. Diese Erscheinungen werden in Zusammenhang mit der Boden- und Grundwasser-Beschaffenheit, wie mit dem Höhenstande des letzteren und seinen Schwankungen gebracht. Vollständige Klarheit über das Wie und den Umfang, in welchem jeder einzelne der genannten Faktoren wirkt, besteht bisher nicht. Es leidet aber keinen Zweifel, dass unreiner Boden und unreines Grundwasser die Krankheits- und Sterbe-Häufigkeiten erheblich vergrössern können. Boden und Grundwasser unter und in der Umgebung von Gebäuden, auf verhältnissmässig tief liegendem Gelände werden aber der Verunreinigung in stärkerem Maasse ausgesetzt sein, als der Boden in höheren Lagen, weil gegen den ersteren das an der Oberfläche zum Abfluss gelangende Wasser, gewöhnlich auch das Grundwasser, sich hinbewegt, und beide dabei in der Regel verunreinigende Stoffe mitführen besonders dann, wenn in der erhöhten Lage menschliche Wohnstätten bestehen.

1. Grundwasser; Porenvolumen; Bodenfeuchtigkeit; Wasserkapazität.

Das unterirdisch vorkommende Wasser wird geologisch als Quell- und Grundwasser unterschieden. Diese Unterscheidung ist aber nicht streng und daher nicht allgemein durchführbar; es kann vielmehr über die Zugehörigkeit zur einen oder anderen Gattung nur im einzelnen Falle entschieden werden. Ein einigermaassen fassbares Kennzeichen ist, dass man dasjenige Wasser, welches in Spalten und Schichten von Felsboden vorkommt, als Quellwasser und Wasser, welches die Poren von lockerem oder Geröllboden ausfüllt, als Grundwasser bezeichnet.

Die Ansammlung von Grundwasser setzt immer das Vorhandensein einer undurchlässigen Schicht im Boden voraus. Wenn mehrere solcher Schichten mit Zwischenlagen von durchlässigem Boden vorhanden sind, so spricht man vom 1., 2., 3. Grundwasser, bezw. Grundwasser-Horizont. Haben die Schichten wagrechte Lage oder Beckenform, so ist ruhendes oder stillstehendes Grundwasser vorhanden; bei geneigter Lage der Schichten wird das Grundwasser fliessen. Ruhendes Grundwasser unterscheidet sich vom fliessenden dadurch, dass es nicht ausgewechselt wird, sondern infolge Zuführung von Sickerwasser, durch Verdunstung und Kapillarwirkung nur Hebungen und Senkungen seines Spiegels erfährt. Mit dem Wechsel des Spiegelstandes können aber grössere Veränderungen der Beschaffenheit verbunden sein, während die Beschaffenheit des fliessenden Grundwassers im allgemeinen weniger veränderlich sein mag.

Bei freier Spiegellage ist das Grundwasser druckfrei; dies wird immer der Fall sein beim obersten (1.) Grundwasser. Das Gleiche kann der Fall sein beim 2., 3. usw. Grundwasser; es setzt aber Parallelismus oder ungleich gerichtete Neigungen der undurchlässigen Schichten voraus, zwischen denen das Grundwasser sich fortbewegt. Wenn aber die obere der beiden undurchlässigen Schichten im gleichen Sinne stärker geneigt ist als die untere, so erleidet das Grundwasser am Fusse der Neigung Druck, wird aufgestaut werden und in einem am unteren Ende eröffneten Ausgange einen höheren Spiegelstand einnehmen als diejenige des Ausganges. In diesem Falle entsteht ein artesischer Brunnen.

Die Grundwasser-Menge, die ein Boden enthält, ist übereinstimmend mit seinem Porenvolumen, welches bei den verschiedenen Bodenarten stark wechselt.

Die Speisung des Grundwassers erfolgt durch einsickerndes Tagewasser und durch Kondensation aus der Luft. Man beobachtet, dass im allgemeinen die Einsickerung nur in der oberen Erdschicht mit einer gewissen Schnelligkeit erfolgt, dagegen langsam mit tieferem Eindringen in den Boden; hier kann zeitweilig sogar Stillstand eintreten, wonach dann wieder eine raschere, und vielleicht plötzliche Abwärtsbewegung stattfindet. Die Ursachen dieser Erscheinung sind mannichfaltig. Es handelt sich dabei um die Bodenstruktur, die Wasserkapazität und Kapillarkraft, sowie um Luftpressungen, die unterhalb einer einsickernden Wasserschicht vorübergehend bestehen können. So lange diese, in Verbindung mit der Kapillarkraft und der Reibung, dem Gewicht des Wassers das Gleichgewicht halten, so lange unterbleibt die Abwärtsbewegung von einsickerndem Wasser und kann dies als „hängendes Grundwasser" bezeichnet werden.

Die Einsickerungsmengen (in Antheilen der gefallenen Regenhöhe ausgedrückt) sind stark wechselnd. Abgesehen von dem Einfluss, den das Gefälle der auffangenden Geländefläche ausübt, sind es die Struktur und die mineralogische Beschaffenheit des Bodens, ferner die Beschaffenheit der Oberfläche (ob nackt oder mit Pflanzenwuchs bestanden), endlich die Jahreszeit und die Lage zur Himmelsrichtung, welche die Beiträge, die das Sickerwasser zum Grundwasser liefert, bestimmen. Ein Theil des einsickernden Wassers geht durch Verdunstung aus dem Boden wieder in die freie Atmosphäre über; derselbe kann sehr beträchtlich sein. In kalter Jahreszeit ist die Versickerung grösser als in warmer; in fest gelagerten, gefrorenen Boden kann aber Sickerwasser nicht eindringen. Im Laufe von 1 Jahr versickern in Sandboden 40—80 %, in sandigen Lehmboden oder lehmigen Sandboden 30—60 %, in Lehm- und Thonboden von 30—50 %,

in Ackerboden von 35—40%. Diese Zahlen dürfen aber nicht streng aufgefasst werden, umsoweniger als die Einsickerungsmenge auch sehr von der zeitlichen Vertheilung der Regenmenge abhängt. Dieselbe Jahres-Regenhöhe giebt, wenn sie in wenigen, aber starken Regenfällen niedergeht, erheblich grössere Sickerwasser-Mengen als wenn sie in zahlreichen Regenfällen geringerer Art erfolgt.

Auf den Höhenstand des Grundwassers, seine Eigenschaften usw. wirken eine ganze Reihe von Einflüssen, unter welchen die wichtigsten eben erwähnt worden sind. In manchen Oertlichkeiten schliessen sich die Spiegelbewegungen des Grundwassers den Regenfällen und Trockenperioden zeitlich sehr eng an; in anderen ergeben sich mehr oder weniger lange Zwischenzeiten bis dies geschieht.

So gross das Porenvolumen, so viel Wasser nimmt eine Bodenprobe auf. Ersteres ist um so grösser, je mehr Gleichförmigkeit die Korngrösse besitzt, und umgekehrt. Boden, aus allen Korngrössen zusammengesetzt, hat das geringste Porenvolumen. Je feinkörniger aber der Boden, um so grösser ist die Gesammtoberfläche der Körner, von welcher die sogen. Wasserkapazität, d. h. die Fähigkeit des Bodens, gewisse Wassermengen, welche frei ausfliessen können, festzuhalten, abhängt. Die Wasserkapazität ist immer kleiner als das Porenvolumen; doch kann sie letzterem sehr nahe liegen. Ueber die besondere Bedeutung, welche die Wasserkapazität besitzt, vergleiche weiterhin. Hier folgen nur einige bekannt gewordene Zahlen, welche für die Grösse derselben in einigen festen Gesteinen ermittelt sind und für 1 cbm des betr. Gesteins gelten: Sandsteine 6—400 l, Kalksteine und Dolomite 5—220 l, Kalktuff und Kreide 200—440 l, Basaltlava 44—56 l, Porphyr 4—28 l, Phonolith 20—45 l, sogen. schwere Gesteine wie z. B. Granit, Syenit, Basalt, Thonschiefer usw. 0,5—28 l.

Beim natürlichen, durch Verwitterung entstandenen Boden beträgt das Porenvolumen etwa 30%; bei Sand ist es um 3—12% grösser. Genauer beträgt, nach Angaben von Flügge, Schwarz, Renk und Anderen, das Porenvolumen:

von Kies . . . . 38,3—40,1%,
desgl. mit Korn unter 7 mm Grösse 36,7%,
desgl. mit Korn unter 4 mm „ 36%,
desgl. mit Korn unter 2 mm „ 36%,
von Sand . . . . 35,6—40,8%,
„ Gemenge aus gleichen Theilen Kies und Sand . . . . 23,1—28,8%,
„ Grobsand 39,4%,
„ Lehm . . . . 36,2—42,5%,
„ Lehmboden, ohne Antheile von organischen Stoffen 45,1%,
„ Thonboden, mit Antheilen von solchen 52,7%,
„ humusarmem feinkörnigem sandig-lehmigem Boden 55,3%,
„ humosem kalkigem Lehm-Sand-Boden 56,8%,
„ Moorboden bestehend zu 82% aus organischen Stoffen . . . 84%,

Die gewöhnlichsten Bodenarten unterscheiden sich daher in ihren Porenvolumen nicht wesentlich.

Je poröser ein Boden, je grösseren Raum er für den Austausch der Luft unter und über Oberfläche bietet, je mehr begünstigt er die Austrocknung und daneben, vermöge der Wirkung des Sauerstoffes, die Ueberführung von organischen Stoffen, die der Boden aufgenommen hatte, in die unschädliche mineralische Form (Salpetersäure, Wasser, Kohlensäure usw.). Umgekehrt nimmt mit der Porosität das Kapillarvermögen des Bodens ab. In feinstem Sandboden (Korngrösse 0,1 mm) kann vermöge Kapillarwirkung Wasser vielleicht bis etwa 1 m hoch gehoben, also vom Grundwasserspiegel aus der Boden etwa 1 m hoch dauernd durchfeuchtet werden. Bei der Korngrösse des Sandes von 0,5—1 mm ermässigt sich die Hubhöhe vielleicht bis auf 0,1 m, während sie andererseits in Moostorf bis auf 6 m soll steigen können; auch in Lehmboden kann die Höhe beträchtlich werden.

Das Kapillarwasser füllt nur einen Theil der Hohlräume aus, da im Augenblick der ganzen Füllung seine Existenzfähigkeit aufhört und Versinken in die Tiefe stattfindet. Bei der Korngrösse des Sandes, die von 0,5 mm auf 5 mm

stieg, und mit der ein Wechsel des Porenvolumens von 41,3—43,4 % parallel ging, verminderte sich die Menge des Kapillarwassers von 84 auf 12,7 %.

Der Boden vermag nicht nur bei Temperatur-Verschiedenheiten durch Kondensation Feuchtigkeit aufzunehmen, sondern derselbe entzieht der Luft auch dann Feuchtigkeit, wenn beide übereinstimmende Temperaturen besitzen. Diese Feuchtigkeit scheint bei Sandboden aber sehr gering und nur bei Thon- und Humusboden von Belang zu sein. Ein Versuch Schübler's ergab, dass in 72 Stunden lockerer Thonboden von verschiedener Festigkeit durch derartige Aufnahmen von Feuchtigkeit sein Gewicht um 2,8 bis 4,9 % vergrösserte, während bei Humus eine Gewichtszunahme von 12 % stattfand.

2. Bodenwärme.

Je mehr die Sonnenstrahlen die Bodenoberfläche senkrecht treffen, um so höher wird dieselbe erwärmt und umgekehrt. Steile, nach Süden gekehrte Hänge haben daher erheblich höhere Bodentemperatur, als flache Hänge oder ebenes Gelände; nach Norden liegende Hänge sind kalt, während westlich und östlich gerichtete Hänge mittlere Bodentemperatur besitzen.

Weiter ist die Bodenwärme von der Färbung des Bodens abhängig. Dunkelfarbiger Quarz-, Kalk- und Thonboden wird unter denselben Verhältnissen bei Sonnenbestrahlung um etwa 20 % höher erwärmt als Boden derselben Arten von heller Färbung.

Dass beschatteter Boden weniger stark erwärmt wird als frei daliegender, braucht nur angedeutet zu werden.

Weniger Unterschiede in der Bodenerwärmung bringen die Unterschiede in der spezifischen Wärme der Bodenarten hervor. Dazu werden nachstehend zwei Zahlenreihen mitgetheilt, welchen hinzuzufügen ist, dass die erste derselben von verschiedenen Autoren, die zweite von Galton herrührt; die Galton'schen Zahlen werden hier aber des leichteren Vergleiches wegen in umgerechneter Form wiedergegeben. Für die Umrechnung ist Uebereinstimmung in der Beschaffenheit derjenigen Bodenart, die in Tabelle 1 als „Quarzsand" bezeichnet ist, mit demjenigen Boden, der in der Galton'schen Tabelle (2) die Bezeichnung „reiner Sand" führt, angenommen.

Porenvolumen, Wasserkapazität und Temperatur des Bodens äussern Einfluss auf die Gesundheits- und Sterblichkeitsverhältnisse der Bewohner desselben. Der stärker durchlässige Boden trocknet leichter aus als der dichtere Boden, ist daher — da Nässe immer kältend wirkt — auch der wärmere. Dazu gewährt trockener Boden dem mikroskopischen Leben viel weniger günstige Bedingungen als feuchter Boden; letzterer macht auch die darin errichteten Gebäude feucht. Abgesehen von dem sogen. gewachsenen Felsboden lässt sich daher sagen: dass stark poröser (grobkörniger) Sand- und Kiesboden in trockener Lage der gesundheitlich beste Baugrund ist. Hierbei ist noch von Verunreinigungen durch organische Stoffe, — vergl. weiterhin — abgesehen.

Spezifische Wärme verschiedener Bodenarten (im trockenen Zustande), bezogen auf die Gewichtseinheit.

Spezif. Wärme des Wassers = 1,000 gesetzt.

Tabelle 1.

Torf	0,477—0,529
Granitboden	0,380
Kalkboden	0,339
Haideboden	0,312
Humoser Lehmboden	0,310
Mergellehm	0,284
Lösslehm	0,259
(Luft)	0,238
Quarzsand	0,196
Kalksand	0,188
Schwerspath	0,109

Tabelle 2.

Humus	0,398
Feine Kreide	0,316
Reiner Thon	0,293
Thonige Erde	0,285
Schwerer Thon	0,274
Gips	0,267
Leichter Thon	0,254
Kalksand	0,195
Reiner Sand	0,196

Die beiden Zahlenreihen zeigen befriedigende Uebereinstimmung; die geringen Unterschiede, welche stattfinden, können mit der Nichtübereinstimmung der in beiden Fällen untersuchten Bodenarten erklärt werden.

Die Tabellen ergeben, dass zur gleich hohen Erwärmung Humusboden etwa die doppelte Wärmemenge zugeführt werden muss, als Sandboden, dass ersterer also kalt, letzterer warm ist. Kalk und Lehmboden liegen etwa in der Mitte zwischen den Grenzwerthen.

Von viel mehr Bedeutung als die spezifische Wärme ist für die Bodentemperatur die Grösse der Wärmeleitung, die der Boden besitzt. Für diese ist, neben anderen Ursachen, besonders der Feuchtigkeitszustand des Bodens aus dem Grunde bestimmend, dass Feuchtigkeit Wärme stark leitet, daher um gleich hohe Temperatur zu bewahren, der Zuführung grosser Wärmemengen bedarf. Sogen. kompakte, und dabei feuchte Bodenarten werden daher als „kalte Böden" bezeichnet, während man poröse, trockene Bodenarten — die vermöge der geringen Wärmeleitung ruhender Luft — sich leicht auf höheren Temperaturen erhalten, „warme Böden" nennt.

Während die Oberfläche des Bodens bei Sonnenbestrahlung durch Anhäufung der Wärme vorübergehend Temperaturen annehmen kann, welche erheblich höher sind als die mit dieser Oberfläche in Berührung kommende Luft, hört der Einfluss der täglichen Wärmeschwankungen der Luft bereits in 0,5 bis höchstens 1 ^{m} Tiefe auf. In 2 ^{m} Tiefe werden nur noch Wärmeschwankungen nach den einzelnen Monaten, und in 4 ^{m} nur noch Jahresschwankungen bemerkbar, besondere Lagen und Bodenbeschaffenheiten selbstverständlich ausgenommen. Als solche Besonderheiten kommen namentlich inbetracht: freie, dem Winde und der Sonnenbestrahlung ausgesetzte Lage, Hohlräume im Boden, oder besonders grosses Porenvolumen, bei lebhafter Grundwasser-Bewegung.

3. Unreiner Boden.

„Unrein" kann Boden theils auf natürlichem Wege, theils dadurch geworden sein, dass in denselben Fremdstoffe auf andere Weise hineingerathen sind. Natürlich verunreinigt ist der Boden von Niederungen und tief liegenden Oertlichkeiten, der mit Resten von Pflanzenwuchs und mit organischen, aus dem Wasser niedergeschlagenen Stoffen vermengt ist. Hierhin gehören die Flussthäler, die Marschen an den Meeresküsten und Tideströmen, die Moor- und Torfbildungen usw.

Wenn auch natürlich entstandene Bodenverunreinigungen in gesundheitlichem Sinne von geringerer Bedeutung sind, als gewissermaassen künstlich herbeigeführte, so tritt doch auch bei ihnen ein Einfluss auf die Bevölkerung, welche auf solchem Boden sesshaft ist, merkbar hervor. Niederungsbewohner sind dem Auftreten und der Ausbreitung von ansteckenden Krankheiten in höherem Maasse unterworfen als Bewohner höherer Lagen, unter welchen sich manche finden, bei denen das Aufkommen gewisser ansteckender Krankheiten bisher geradezu als ausgeschlossen gilt (Immunität). Man hat es hier mit rein erfahrungsmässigen Thatsachen zu thun, deren besondere Ursachen noch nicht klargelegt sind; unter denselben mögen neben den Verunreinigungen auch Nässe (und Kälte) des Bodens eine Rolle spielen. Man fasst die Gesammtheit der wirkenden Ursachen unter dem Sammelbegriff der „örtlichen Disposition" zusammen.

Während in Flussthälern und Niederungen die natürlich entstandenen Bodenverunreinigungen von untergegangenem, bezw. der Vermoderung verfallenem Pflanzenwuchs herrühren, eine Thatsache, in welcher ihr vergleichsweise geringer Einfluss auf die Gesundheit der Bewohnerschaft begründet ist, können in Tiefpunkten bewohnten Geländes Lagen angetroffen werden, die sowohl durch ober- als unterirdische Herzuführung von Stoffen, die aus dem menschlichen und thierischen Haushalt herstammen, verunreinigt sind; hierhin gehören auch organisirte Stoffe, Keime und Pilze. Sind solche Tiefstellen im Gelände bewohnt, so wird die Bodenverunreinigung an demselben grösser sein, als in den umgebenden höher

liegenden Geländetheilen. Tiefstellen stehen daher in ihrem gesundheitlichen Werthe höher liegendem Gelände, da dieses nicht mehr, als die am Orte selbst entstandenen Verunreinigungen enthalten kann, nach.

Indem Trockenheit die Mineralisirung organischer Stoffe befördert, Feuchtigkeit oder Nässe dieselbe verzögert, und indem ferner die Entwicklung und das Gedeihen niederen mikroskopischen Lebens an die Gegenwart gewisser Feuchtigkeitsmengen gebunden ist, ergiebt sich, dass der unreine und gleichzeitig feuchte Boden vom gesundheitlichen Standpunkte viel ungünstiger zu beurtheilen ist, als der trockene verunreinigte Boden. In dieser Thatsache ist der Nutzen, den die sachgemäss durchgeführte Entwässerungs-Einrichtung einer Stadt für die gesundheitlichen Zustände derselben gewährt, wesentlich mit begründet.

Verunreinigter Boden besitzt neben der Begünstigung, die er mikroskopischem Leben bietet, die ungünstige Eigenschaft, dass er vermöge der Verbindung mit der freien Atmosphäre üble Gerüche und giftige Gase (Ammoniak, Kohlensäure, Schwefelwasserstoff usw.) an diese abgiebt. Das ist ein Uebelstand, der sowohl in hoher Sommertemperatur, als auch in kalter Jahreszeit sehr übel empfunden wird; in letzterer können durch die höhere Erwärmung der Gebäude, Mengen von übelriechender Luft aus verunreinigtem Boden in die Wohnungen eindringen. Reichthum des Bodens an Stickstoff kann den Mauern der Gebäude dadurch schädlich werden, dass er den sogen. Mauerfrass (Salpeterfrass) erzeugt. Endlich ist zu erwähnen, dass verunreinigter Boden den allgemeinen Reinlichkeitszustand in der Umgebung der Gebäude und in den Wohnungen herabsetzt, sowie die Beschaffenheit des Wassers von Brunnen schädigt.

Das Maass für den Verunreinigungszustand von Boden kann entnommen werden aus seinem Gehalt an Zersetzungsprodukten: Kohlensäure und Stickstoff-Verbindungen, ferner an organischen Stoffen, an Chlor, Kali und Keimen. Ueber die Bedeutung der genannten Indikatoren kurz folgendes: Ein hoher Befund an Chlor (Kochsalz) lässt, wenn derselbe nicht etwa aus gewerblichen Betrieben herrührt, auf Herkunft der Verunreinigungen aus dem menschlichen Haushalt schliessen; dasselbe gilt von Kali. Organische Stoffe sind ein Gemisch von Stickstoff- und Kohlenstoff-Verbindungen, deren genaue Bestimmung ihrer Beschaffenheit nach bisher nicht möglich ist; auch für die Bestimmung der Menge derselben fehlt es bisher an zuverlässigen Methoden. — Reiner Boden, wie etwa Wüstenboden, Dünensand, Boden aus hohen Gebirgslagen (ohne Kultur) ist keimfrei oder enthält nur einzelne Keime; unreiner Boden kann dagegen in 1 ^{ccm} viele Millionen Keime enthalten, doch nur nahe der Oberfläche, in einer verhältnissmässig dünnen Schicht. Schon in 0,25—0,30 ^{m} Tiefe werden in festgelagertem Boden nur noch wenige Keime angetroffen, abgesehen von dem Falle, dass Verschleppung durch Thiere, oder Hineingelangen in tiefere Schichten durch Erdrisse, offene Gänge oder Einschwemmung vorliegt. In ein paar Meter Tiefe finden sich Keime schon selten und in 5 ^{m} und darüber kaum je. Einen günstigen Nährboden kann mikroskopisches Leben im Grunde unter Gebäuden und hinter den Grundmauern derselben finden. Nach den sehr weit auseinander liegenden Grenzen, innerhalb welcher sich der Keimgehalt von Bodenproben bewegt, ferner nach der sehr grossen Raschheit, mit welcher mikroskopisches Leben unter begünstigenden Umständen sich entwickelt und unter ungünstigen vernichtet wird, ist aber der Keimgehalt als Maasstab für stattgefundene Boden-Verunreinigungen kaum brauchbar, wenigstens nicht für sich allein, vielmehr nur in Verbindung mit anderen Indikatoren. — Letzteres gilt einigermaassen auch von der Kohlensäuremenge, da dieselbe durch Windströmungen an der Oberfläche, einsickerndes Wasser, Temperatur, Diffusion usw. stark beeinflusst wird, daher zeitlich und örtlich grosse Schwankungen erleiden kann. Den verlässlichsten Maasstab bildet daher der Gehalt des Bodens an Stickstoff-Verbindungen, der auch am häufigsten benutzt wird.

Folgende von v. Fodor ermittelte Zahlen geben ein anschauliches Bild von dem, was nach dem Stickstoffgehalt beurtheilt, verunreinigter Boden im Vergleich zu solchem ist, der im praktischen Sinne des Wortes als rein gelten kann.

Reihen	1 kg getrockneten Bodens enthielt i. M. aus 67 reinsten Proben			40 am meist. verunreinigt. Proben		
	organisch. Stickstoff N	Ammoniak NH_3	Salpetersäure HNO_3	organisch. Stickstoff N	Ammoniak NH_3	Salpetersäure HNO_3
1	17,0	2,1	32	2437	426,4	0
2	33,0	2,0	48	1098	204,7	0
3	72,0	4,1	216	1112	202,0	0
Mittel aus einer grossen Reihe von Proben	68,6	6,9	121	1132	33,5	217

Flügge fand in 1 kg Berliner Strassengrund bei 3 Proben bezw. 1040, 1220 und 1770 mg., und ganz ähnliche Zahlen bei Leipziger Strassengrund.

Den vorstehenden Zahlen ist noch die Bemerkung hinzuzufügen, dass ein Befund an Salpetersäure ein Beweis für den Ablauf der Zersetzungsprozesse, d. h. für einen günstigen Zustand ist, während ein hoher Gehalt an organischem Stickstoff oder an Ammoniak ungünstig gedeutet werden muss.

4. Trockenlegen feuchten und Assanirung unreinen Bodens.

In Baupolizeiordnungen findet sich vielfach die Vorschrift, dass die Fundamentsohle von neu zu errichtenden Gebäuden eine gewisse Mindesthöhe (gewöhnlich 0,3 bis 0,5 ^{m}) über dem höchsten Grundwasserstand erhalten müsse. Diese unterschiedlose Vorschrift gewährt keine Sicherheit für Erreichung des beabsichtigten Zweckes, da selbst, wenn der höchste Grundwasserstand genau bekannt, und eine unmittelbare Berührung der Grundmauern mit dem Wasser ausgeschlossen ist, dennoch eine Durchfeuchtung der Mauern mit dem durch Kapillarwirkung gehobenen Wasser stattfinden kann. Es müsste also entweder ein Mindestmaass festgesetzt werden, welches über die Kapillarhöhe hinausgeht, oder die Festsetzung des Mindestmaasses in jedem einzelnen Fall aufgrund einer genauen sachverständigen Bodenuntersuchung der Baustelle stattfinden.

Zuweilen lässt sich durch künstliche Erhöhung des Bauplatzes eine ausreichende Hebung über den Grundwasserspiegel erzielen.

Wo dieses Mittel unanwendbar ist und der Bauplatz eine gewisse Erhebung über das umgebende Gelände besitzt, ist Abhilfe in einigem Umfange zuweilen dadurch möglich, dass man für die Ableitung des Oberflächenwassers besondere Einrichtungen schafft, und so die Speisung des Grundwassers in der Umgebung des Hauses vermindert.

In jedem Falle ist es von besonderer Wichtigkeit, für Fortleitung des sogen. Traufwassers vom Gebäude sicher arbeitende Einrichtungen zu treffen, die nach der Oertlichkeit in sehr verschiedener Weise zu denken sind.

Zuweilen sind künstliche Senkungen des Grundwasserspiegels ausführbar.

Wenn die undurchlässige Schicht nicht allzu tief liegt und unter derselben kein zweites Grundwasser (S. 802) unter Druck sich befindet, vielmehr durchlässiger Boden, kann ein sogen. absorbirender Brunnen angelegt werden. Dies ist eine oben und unten offene, auch wohl in den beiden Endtheilen mit Wanddurchlochungen versehene Röhre, welche, durch die undurchlässige Schicht hindurch, in den Boden eingesenkt wird, um das Grundwasser in die tiefere durchlässige Bodenschicht einzuleiten.

Ist ein offenes Gewässer mit tiefer Spiegellage in der Nähe, so kann durch Anlage einer regelrechten Drainage das Grundwasser tiefer gelegt werden. Ein absorbirender Brunnen kann geeignet sein das in der Drainanlage gesammelte Wasser zu entfernen.

Verunreinigter Boden wird, wenn die Zuführung von Abfallstoffen aufhört, oder in engen Grenzen bleibt, vermöge der sogen. Selbstreinigung — Umbildung der organischen Stoffe in mineralische, durch chemische Wirkungen und die Thätigkeit der Mikroben — mit der Zeit wieder rein; je nach dem Ver-

schmutzungs-Zustande kann der Vorgang kürzere oder längere Zeit, auch eine grössere Anzahl Jahre erfordern.

Zur Hintanhaltung weiterer Verunreinigung ist wasserdichte oder annähernd wasserdichte Deckung der ganzen Umgebung eines Gebäudes und Verhütung von Infiltrationen von besonderen Stellen aus (Abortgruben, Dung- und Abfallstätten) das einzig sicher wirkende Mittel. Auch für diesen Zweck wird erhöhte Lage des Gebäudes die beste Hilfe leisten.

Das umfassendste Mittel zur Assanirung bezw. Reinhaltung von Boden ist erfahrungsgemäss die Kanalisation mit Hausanschlüssen, welche sich über ein grösseres Stadtgebiet erstrecken muss, bei Beschränkung auf ein einzelnes Grundstück aber nicht leicht einen vollständigen Erfolg verbürgt.

Pflanzen- und Baumwuchs gebraucht zum eigenen Aufbau, sowie vermöge seiner Verdunstung an der Oberfläche der Blätter usw. sehr grosse Mengen von Wasser, und zu der Ernährung organische — verunreinigende — Stoffe. Anpflanzungen bilden daher ebenfalls ein Mittel um feuchten Boden trocken, bezw. verunreinigten Boden wieder rein zu machen; doch ist die Wirkung vergleichsweise gering.

III. Physikalische Eigenschaften der Baumaterialien im allgemeinen.

Die für die Gesundheitspflege wichtigsten Eigenschaften der Baumaterialien sind: Porosität, spezifische Wärme (Wärmekapazität), Wärmeleitung, Wasserfassung.

1. Porosität.

Dieselbe ist von Wichtigkeit für die Aufnahme und Wiederabgabe von Wasser, sowie auch für die Wärme- und Luftdurchlässigkeit der Materialien; letztere hängt indess, ausser von der Porosität. von Eigenschaften und Zuständen der Materialien ab, über die bisher wenig festgestellt ist. Da auch bei grossen Verschiedenheiten in der Zahl und Grösse der einzelnen Poren das Gesammt-Porenvolumen dasselbe sein kann, folgt, dass hinsichtlich des Durchganges von Wasser und Luft sich zwei Materialien von demselben Porenvolumen durchaus verschieden verhalten können, und folgt ferner, dass ein Material, welches grosse Mengen von Wasser durchlässt, nicht nothwendig auch grosse Luftdurchlässigkeit besitzt. Ein sich zeigender Unterschied kann darin begründet sein, dass bei Grobporigkeit die Gesammtoberfläche der Hohlräume viel geringer ist als die Gesammtoberfläche der Hohlräume bei Feinporigkeit. Aehnliche Unterschiede bestehen zwischen der Weglänge und Wegform, die ein Wasser- oder Lufttheilchen beim Durchgang durch ein Materialstück zurückzulegen hat; beim feinporigen Material wird der Weg viel stärkere und viel zahlreichere Krümmungen enthalten als beim grobporigen. Von Form und Länge des Weges, sowie von der Grösse der Oberfläche der Poren, sind aber Wasser- und Luftdurchgang in besonderem Grade abhängig.

Was die Wiederabgabe von aufgenommenem Wasser (Austrocknung) betrifft, so zeigt sich, dass das grobporige Material Wasser rascher wieder verliert als das feinporige; indessen liegen hierzu nur erst einige wenige genauere Beobachtungen vor. Bestimmend ist dafür aber nicht die Beschaffenheit der Poren allein, sondern, da die Wiederabgabe nur durch Verdunstung erfolgt, jedenfalls ebenso sehr das Verhalten des Materials gegen Luftdurchgang. Ebenso werden chemische und physikalische Ursachen (Anziehung zwischen den kleinsten Theilen) und Kapillarität und vielleicht noch Anderes dabei mitwirken.

Darüber, welche Rolle bei dem Wärmedurchgang die Grösse der einzelnen Poren bei gleichem Gesammt-Porenvolumen spielt, liegen Beobachtungen bisher nicht vor; man beobachtet nur, dass bei einem Material von geringem Gesammt-Porenvolumen der Wärmedurchgang (Wärmeleitung) grösser ist als bei einem Material mit hohem Gesammt-Porenvolumen. Ursache davon ist die sehr geringe Wärmeleitung, welche ruhende Luft besitzt. Hierüber folgt Näheres weiterhin; nur sei noch hinzugefügt, dass, um die Luft ruhend zu machen, die Poren des Materialstücks an den beiden Oberflächen, so weit sie sich nach Aussen öffnen, luftdicht verschlossen sein müssen.

Für Sand, Kies und eine Anzahl von Bodenarten sind Zahlenangaben für das Porenvolumen bereits auf S. 803 mitgetheilt; diese Zahlen bestätigen das, was oben über die Gleichartigkeit (bezw. Verschiedenheit) des Gesammt-Porenvolumens, bei grosser Verschiedenheit in der Grösse der Einzelporen, ausgeführt worden ist. Die Kenntniss des Porenvolumens von Sand und Kies ist von Wichtigkeit wenn diese Baustoffe als Mörtelmaterialien verwendet werden sollen, da die Zusatzmenge von Kalk bezw. Zement mit den Porenvolumen übereinstimmen, oder noch ein wenig darüber hinausgehen muss. Die Zahlen zeigen übrigens auch bei grösseren Ungleichheiten, z. B. des Kieskorns, ziemlich nahe Uebereinstimmung des Gesammt-Porenvolumens.

Die genaue Bestimmung der Porosität von Materialien ist weniger einfach als es auf den ersten Blick erscheint. Das einfachste Verfahren: ein Stück des betr. Materials in Wasser zu legen und aus dem Unterschied der Gewichte vor und nach der Eintauchung auf die Grösse des Porenvolumens zu schliessen, setzt, um ein genaues Ergebniss zu erlangen, vollständige Trockenheit des Stückes vor der Eintauchung voraus, weil anderenfalls der Einfluss, den die Wasserkapazität übt, nicht beseitigt ist. Anstatt aus dem Wassergewicht kann das Porenvolumen auch aus dem Gewicht der eingedrungenen Luft bestimmt werden; die beiden Wägungen sind im luftleeren Raume auszuführen. Auch hierbei ist vollständige Trockenheit des betr. Stückes Voraussetzung, und daneben Gewissheit darüber, dass alle Poren des zuvor luftleer gemachten Stückes wieder vollständig mit (druckfreier) Luft angefüllt sind, bevor die zweite Wägung ausgeführt wird.

Folgende Zahlen, die von Lang bestimmt worden sind, liegen über die Porosität einer kleinen Reihe von Baumaterialien engeren Sinnes vor:

Lfd. No.	Material	Porenvolumen %	Lfd. No.	Material	Porenvolumen %
1	Schlackensteine, locker	69,60	6	Sandstein, locker . .	21,65
2	Gipsmörtel	51,5	7	Ziegel, dichte . . .	12,72
3	Ziegelstein, porös . .	31,01	8	Sandstein, dicht . . .	9,31
4	Luftmörtel (Kalk usw.)	26,00	9	Carrara-Marmor . .	0,11
5	Schlackenstein, dichter	24,00	10	Granit, feinkörnig . .	0,05

Bemerkenswerth an diesen Zahlen ist das sehr hohe Porenvolumen von Gipsmörtel, und der starke Wechsel in dem Porenvolumen von Ziegelsteinen. Bei mittelguten Ziegelsteinen besteht zwischen dem Porenvolumen und dem geringen des Kalkmörtels kein erheblicher Unterschied, wogegen dichte Ziegel ein erheblich geringeres Porenvolumen als Kalkmörtel haben. Wenn daher Homogenität des Mauerwerks angestrebt wird, muss zum Vermauern dichter Ziegel anstatt Kalkmörtel der viel dichtere Zementmörtel verwendet werden.

2. Wasseraufnahme- und Abgabe-Fähigkeit.

Es handelt sich hierbei:

a. um die Geschwindigkeit, mit der Wasser aufgenommen wird,
b. um die Geschwindigkeit, mit welcher aufgenommenes Wasser wieder abgegeben wird,
c. um die Wassermenge, die im Zustande der Sättigung ein Material enthält.

Die Geschwindigkeit der Wasseraufnahme wird am einfachsten durch Herabfallen von Wassertropfen auf das betr. Stück, und Beobachtung der Dauer des Verschwindens von der Oberfläche bestimmt. Gleichzeitig erlangt man bei diesem Verfahren ein gewisses Urtheil über die Dichte der Oberfläche des Stückes und es lässt sich dieses Urtheil noch dadurch verfeinern, dass man mit demselben Materialstück noch die Probe der Eintauchung in Wasser ausführt und durch Wägung die Verlangsamung herstellt, welche in der Gewichtszunahme stattfindet. Gewöhnlich zeigt sich, dass im Anfang die Wasseraufnahme rasch erfolgt, nach Ablauf einer gewissen Dauer aber nur noch wenig zunimmt. Ueber die

Geschwindigkeit der Wiederabgabe von aufgenommenem Wasser durch Verdunstung hat Lang einige Versuche angestellt, die folgende Ergebnisse lieferten. Wenn die Dauer innerhalb welcher von hochporösem Kalktuff aufgenommenes Wasser wieder verdunstet = 1 gesetzt wird, so beträgt diese Dauer:

bei hochporösem Kalktuff	1
„ „ Schlackenstein . . .	$2^3/_4$
„ weniger porösem „	5
„ dichtem „	40—70
„ Ziegelsteinen verschiedener Dichte .	40—900
„ Luft- (Kalk-) Mörtel	900
„ Grausandstein	900—1100

Die vorstehenden Zahlen geben die verhältnissmässige Austrocknungsdauer allerdings nicht unmittelbar an, indem durch sie nur die Zunahme, welche die Luftdurchlässigkeit der Materialien innerhalb einer und derselben Zeitdauer erfährt, dargestellt wird. Da aber die Austrocknung im geraden Verhältniss zur durchgegangenen Luftmenge stehen dürfte, können die Zahlen auch unmittelbar als Maasstab für die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Austrocknung vollzieht, angesehen werden.

Ueber den Wasserdurchgang bei einigen losen — ungeformten — Materialien sind einige Zahlen von Fleck ermittelt, welche nachstehend folgen. Wird der Wasserdurchgang von lehmfreiem trockenem Kies = 100 gesetzt, so beträgt derselbe: bei lehmfreiem, mit Feuchtigkeit gesättigtem Kies 22,20, bei mit Feuchtigkeit gesättigtem Sand 18,13, bei lufttrockenem Sand 27,47, bei lufttrockenem lehmhaltigem Kies 34,50 und bei trockenem Sand 35,16. Bei diesen Angaben wird leider diejenige der Korngrösse vermisst. „Gesättigt" ist Sand und Kies, wenn derselbe die der Wasserkapazität gleiche Menge von Feuchtigkeit enthält.

Ueber die bei der Sättigung in 1 cbm Material enthaltenen Wassermengen — in l angegeben — liegen folgende Zahlen vor:

Lfd. No.	Material	Wasserinhalt l	Lfd. No.	Material	Wasserinhalt l
1	Granit	0,5—8,6	16	Dolomit	15—222
2	Weisser Marmor . . .	1,1—5,9	17	Sandstein, verschieden	54—169
3	Syenit	4,7—13,8	18	„ vom Solling	69—238
4	Thonschiefer	5,4—7,0	19	„ v. Naundorf	132—244
5	Porphyr	4,0—27,5	20	„ v. Postelwitz	160
6	Gabbro	6,0—7,0	21	„ von Nebra .	255—269
7	Basalt	6,3—9,5	22	Kalktuff	202—322
8	Keupersandstein . . .	6,2—14,4	23	Kreidegestein	279—439
9	Kieselschiefer	8,5—27,0	24	Französisch. Sandstein	398
10	Kohlensandstein . . .	14,1—19,0	25	Ziegel besterBeschaffht.	bis 140
11	Phonolith	20—45		im Durchschnitt .	125
12	Basaltlava	44—56		desgl. v. gut. Beschffht.	90—350
13	Jurasandstein	42—68		im Durchschnitt .	240
14	Obernkirchner desgl. .	49		desgl. v. gering. Besch.	108—520
15	Kalksteine	15,4—177		im Durchschnitt .	270

Dass es unzulässig ist, die vorstehend mitgetheilten Zahlen streng aufzufassen, ist klar, wenn nur die stark wechselnde Beschaffenheit einer und derselben Materialgattung beobachtet wird, deren Einfluss auch in dem theilweisen, sehr weiten Auseinanderliegen der Grenzen für den Wassergehalt deutlich erkennbar wird.

3. Luftdurchlässigkeit.

Darauf, dass die Luftdurchlässigkeit eines Materials nicht im geraden Verhältniss zu dem Poren-Volumen steht, ist schon unter Porosität hingewiesen worden. Dass andererseits jedoch dabei die Porosität eine wesentlichste Rolle spielt, ist zweifellos. Neben derselben ist es der Druckunterschied, der zwischen beiden Seiten besteht und die Dicke der zu durchdringenden Schicht, welche den Luftdurchgang bestimmen. Dass letzterer im geraden Verhältniss zum Druckunterschiede zu- und abnimmt, ist sowohl eine in sich begründete Vermuthung als auch durch Versuche erwiesen. Ob aber der Luftdurchgang umgekehrt proportional der Schichtdicke ist, wie angenommen wird, ist wenig sicher. Um ein auf diese beiden Faktoren begründetes Rechnungsergebniss, das aus dem allgemeinen Ausdruck:

$$M = \frac{p - p_1}{d}$$

gewonnen wird, sicher zu stellen, bedarf es der Hinzufügung eines Koeffizienten m, welcher dem Einfluss der wechselnden Porosität und anderer, Einfluss nehmenden unbekannten Faktoren entspricht.

Daher ist, wenn diejenige Luftmenge, welche durch eine Wand der Dicke $= 1^{\text{m}}$, der Flächengrösse $= 1^{\text{qm}}$, bei 1^{mm} Wassersäulenhöhe ($= 1^{\text{kg/qm}}$) in 1 Stunde hindurchgeht, mit m bezeichnet wird, die Luftmenge M, welche durch 1^{qm} desselben Materials bei dem Druckunterschiede $p - p_1$ zu beiden Seiten und der Wanddicke d in der Zeiteinheit, hier 1 Stunde gesetzt, hindurchgeht:

$$M = m \frac{p - p_1}{d}$$

Der Faktor m ist die sogen. „Permeabilitäts-Konstante".

Der Werth M kann auf zweierlei Weise ermittelt werden und zwar: a) mittels Messung durch einen Gasmesser und: b) mittels Füllung der Poren des Materials mit Luft und Gewichtsbestimmungen der Probestücke bei Luftleere und bei luftgefülltem Zustande desselben. Da der Ueberdruck $p - p_1$ und die Wanddicke d bekannte Werthe sind, kann aus der obigen Gleichung entweder m, oder, bei Kenntniss von M, die Permeabilitäts-Konstante:

$$m = \frac{Md}{p - p_1}$$

bestimmt werden. Solche Bestimmungen sind von Lang zahlreich ausgeführt worden, der dabei u. a. die in nachstehender Tabelle verzeichneten Werthe ermittelte.

Lfd. No.	Material	Permeabilitäts-Koeffiz. m	M berechnet für $d = 0{,}25^{\text{m}}$ und $p - p_1 = 1^{\text{kg}}$ cm
1	Kalktuff	0,00798	0,0320
2	Hochofenschlackenstein .	0,00760	0,0303
3	Desgleichen . .	0,00169	0.0067
4	Luftmörtel . .	0,00091	0,0036
5	Beton (Portlandzement) . . .	0,00038	0,0015
6	Handziegel, scharf gebrannt	0,00026	0,0010
7	Klinker (Verblendstein) . .	0,00015	0,0006

Lfd. No.	Material	Permeabilitäts-Koeffiz. m	M berechnet für $d = 0{,}25^{\text{m}}$ und $p - p_1 = 1^{\text{kg}}$ cm
8	Portlandzement-		
	mörtel (rein) .	0,00014	0,00055
9	Maschinenziegel .	0,00013	0,00053
10	Oberbayerischer		
11	Grünsandstein .	0,00013	0,00052
	Schweizerischer		
12	desgl.	0,00012	0,00042
	Handziegel,		
13	schwach gebrt.	0,00009	0,00035
	Gips gegossen . .	0,00004	0,00016
14	Eichenholz über		
	Hirn	0,000007	0,00003

Luftdurchgangs-Mengen für einige lose — ungeformte — Materialien sind von Renk und von Fleck ermittelt. Die von ersterem gefundenen Zahlen sind in folgender Tabelle wiedergegeben.

Materialart	Korngrösse	Poren-volumen	Druck in Wasser-säulenhöh. mm	In 1 Minute durch Schichten gleicher Dicke gegangene Luftmenge l	Verhältniss
Feinsand	0,3 mm	55,5	20	0,00233	1
Mittelsand	9,3—1,0 „	„	„	0,112	48
Grobsand	1,0—2,0 „	37,9	„	1,280	549
Feinkies	2,0—4,0 „	„	„	6,910	2966
Mittelkies	4,0—7,0 „	„	„	15,540	6670

Fleck fand für lufttrockenen Boden

a. bei Mischungen von Kies und Sand, wenn das Porenvolumen von 49,7% auf 41,3% herabgesetzt wurde, eine Abminderung der durchgegangenen Luftmenge von 100 auf 36,88.

b. bei Mischungen aus Sand und Thon, wenn das Porenvolumen von 56,4% auf 54,8% herabgesetzt wurde, eine Abminderung des Luftdurchganges von 100 auf 35,6.

Durch letztere Zahlenangaben insbesondere wird die oben mehrfach hingestellte Thatsache schlagend erwiesen, dass von der Gesammtgrösse des Porenvolumens auf den Luftdurchgang Schlüsse nicht gezogen werden können. Dasselbe ergeben auch einige für feste Materialien in der Tabelle auf letzter Seite mitgetheilte Zahlen.

Vergleicht man weiter die für Ziegelsteine, Luftmörtel und Gipsmörtel gegebenen Zahlen mit den bei denselben Materialien für das Porenvolumen gefundenen, in der Tabelle S. 809 verzeichneten Zahlen, so ergiebt sich derselbe Schluss. So z. B. ist das Porenvolumen von Luft- (Kalk-) Mörtel theils geringer, theils auch grösser, als das von Ziegelsteinen. Die Luftdurchlässigkeit von Luftmörtel zeigt sich aber derjenigen von Ziegelsteinen durchgehends überlegen, und zum Theil weit überlegen; sie ist für die zur Untersuchung gezogenen Ziegelsteinsorten um das $1^1/_2$ bis 10fache grösser.

Noch stärker tritt diese Thatsache bei Gipsmörtel hervor. Gipsmörtel hat ein aussergewöhnlich hohes Porenvolumen (und nimmt auch Wasser begierig auf), besitzt aber nur ganz geringe Luftdurchlässigkeit; man kann beinahe von Luftundurchlässigkeit sprechen. — Der für Portlandzement-Beton in der Tabelle verzeichneten Zahl ist kaum Bedeutung beizulegen, theils weil Beton eine ausserordentlich grosse Abstufung in der Dichte aufweist, theils weil bei der untersuchten Probe die Angabe des Mischungsverhältnisses fehlt, und endlich weil, nach einem Vergleich mit der zu 8 in der Tabelle angegebenen Luftdurchlässigkeits-Zahl für Portlandzement-Mörtel angenommen werden darf, dass es sich um Probestücke von besonders grosser Porosität (mörtelarmen Beton) gehandelt hat.

Für einige Materialien, die zu Anstrichen und Wandbekleidungen dienen, haben Märker und Schulze die Luftdurchlässigkeit in Verhältnisszahlen angegeben. Die grösste Luftdurchlässigkeit besitzt Kalkanstrich, die geringste Stuck (Gipsmörtel). Wird dieselbe für den Kalkfarbenanstrich = 1 gesetzt, so gilt folgende Reihe:

Kalkfarbenanstrich	=	1.
Leimfarbenanstrich	=	2.
Glanztapete	=	3.
Gewöhnliche Tapete	=	4.
Oelfarbenanstrich	=	5.
Stuck	=	6.

Letztere beiden Wandbezüge können daher im praktischen Sinne als luftundurchlässig gelten.

Alle vorstehenden Angaben gelten für trockene Beschaffenheit der Materialien; für feuchten Zustand folgen einige Zahlen weiterhin.

Bei einem mittleren Trockenzustand von Mauerwerk haben Märker und Schulze Zahlen für den Luftdurchgang bestimmt, die ausserordentlich hoch erscheinen. Es soll danach 1 qm Mauerfläche bei 1⁰ Temperaturunterschied aussen und innen in 1 Stunde folgende Luftmengen durchlassen:

Kalktuff	3,6 cbm
Ziegelstein	2,6 „
Kalkstein	2,3 „
Sandstein	1,7 „

Diese Zahlen können nach anderweiten Erfahrungen nur für Mauerwerk sehr geringer Güte, wie es etwa bei Viehställen vorkommt, zutreffen, für Mauerwerk besserer Beschaffenheit jedenfalls nicht.

Da durch Feuchtigkeit die Poren theilweise oder ganz gefüllt werden, muss Wassergehalt der Materialien den Luftdurchgang verhindern, bezw. abschwächen. In welchem Umfange dies bei einigen Materialien der Fall ist, hat Lang in der Weise ermittelt, dass er die betreffenden Probestücke in trockenem Zustande einem — einseitigen — Ueberdruck von 108 kg/1 qm unterwarf und die dabei durchgegangenen Luftmengen ermittelte. Demnächst wurden die Probestücke völlig durchfeuchtet und nun in gleicher Weise wie vor behandelt. Dabei ergaben sich die in nachstehender Tabelle verzeichneten Zahlen:

Lfd. No.	Material	Durch 1 qm Fläche in 1 Stunde gegangene Luftmenge trocken l	feucht l	Verhältniss	Lfd. No.	Material	Durch 1 qm Fläche in 1 Stunde gegangene Luftmenge trocken l	feucht l	Verhältniss
1	Kalktuff . . .	478,8	233,2	2,5	8	Ziegel, Scharfbrand	9,6	1,5	6,4
2	Ziegelstein, Schwachbrand	19,3	7,8	2,5	9	Schlackenstein .	105,0	15,4	7,0
3	Schweizer Grünsandstein . .	7,1	2,1	3,4	10	desgl.	445,9	41,0	10,9
4	Ziegel, bleiche .	23,3	5,1	4,6	11	desgl.	113,4	10,2	11,1
5	Ziegel, Maschinensteine . .	7,9	1,7	4,6	12	Luft- (Kalk-) Mörtel . . .	54,4	3,9	14,4
6	Grünsandstein, oberbayerisch.	7,8	1,4	5,6	13	Schlackenstein .	158,0	11,0	14,4
7	Schlackenstein .	93,0	15,8	5,9	14	Portlandzement-Mörtel . . .	8,2	0	—
					15	Portlandzement-Beton . . .	15,5	0	—

Man ersieht aus diesen Zahlen zweierlei: Zunächst, dass sehr beträchtliche Pressungen nothwendig sind, um selbst durch stärker poröse Materialien recht mässige Mengen von Luft hindurchzuführen, und sodann, dass die hindurchgegangenen Luftmengen mit dem Trockenheitszustande sehr erheblich wechseln. Feuchter Kalktuffstein lässt nur etwa 40 %, ein feuchter Ziegelstein nur 16—20 %, feuchter Kalkmörtel nur etwa 7 % derjenigen Luftmengen durchgehen, die bei trockenem Zustande hindurchgeführt werden. Dabei bleibt es aber zweifelhaft, ob die Verhältnisszahlen auch in dem Falle dieselben sind, dass es sich nicht um die hohen Pressungen, welche bei den den Zahlen zu Grunde liegenden Versuchen angewendet wurden, sondern um die geringen Pressungen handelt, welche durch Temperaturunterschiede an beiden Seiten, auch unter Mitwirkung von geringem Winddruck, entstehen. Solche Pressungen betragen immer nur einige Millimeter Wassersäule, während bei den Versuchen nach Angabe die Pressung von 108 mm Wassersäulenhöhe benutzt wurde.

Diese Thatsachen erklären es, warum dem durch Temperaturunterschiede und geringen Winddruck bewirkten Luftaustausch zwischen den beiden Seiten einer Mauer oder Wand keine nennenswerthe gesundheitliche Bedeutung beizulegen ist, wie es eine Reihe von Jahren hindurch auf Grund des bekannten Pettenkofer'schen Experimentes: eine an der Rückseite einer Wand befindliche Flamme durch Blasen von der anderen Seite her auszulöschen, allerdings geschehen ist. Und selbst, wenn der Luftaustausch durch eine Mauer hindurch erheblich grösser wäre, als er thatsächlich ist, würde der gesundheitliche Werth desselben doch dadurch sehr bedeutend herabgedrückt, dass das Charakteristikum desselben die vollständigste Unregelmässigkeit ist, bei der jede Möglichkeit der Regelung abgeschnitten ist. Daher wird beim Vorhandensein von künstlichen Lüftungsanlagen mit verfeinerter Durchbildung der durch die Mauern und Wände vermittelte natürliche Luftaustausch oft geradezu als störend für die Regelung empfunden. — Ueber die Vermehrung des Luftdurchganges bei Trocknung der Mauern siehe weiter oben unter Wasseraufnahmen.

4. Spezifische Wärme der Materiale.

Spezifische Wärme ist die zur Erhöhung der Temperatur eines Körpers von 1 kg Gewicht erforderliche Wärmemenge; die spezifische Wärme des Wassers wird als Maasseinheit benutzt. Streng genommen ist spezifische Wärmemenge diejenige Wärmemenge, durch welche 1 kg eines Körpers eine Temperatur-Erhöhung von 0^0 auf 1^0 erfährt, da mit höher werdenden Temperaturen die spezifische Wärme wechselt. Da der Wechsel aber nur gering ist, und die Temperaturen, mit welchen im Bauwesen zu rechnen ist, auch innerhalb verhältnissmässig enger Grenzen liegen, darf von der Berücksichtigung der Veränderlichkeit der spezif. Wärme hier Abstand genommen werden.

Je grösser die Dichte eines Stoffes, um so grösser ist seine spezif. Wärme; poröses Baumaterial hat daher die geringste spezif. Wärme.

Nachstehend folgen für eine Reihe der wichtigsten Baustoffe die Angaben der spezif. Wärme, theilweise blos die Grenzen derselben. Für Material mit geringem spezif. Gewicht erfolgt die Angabe gewöhnlich nach cbm; für Material mit hohen spezif. Gewicht nach der Gewichtseinheit. Es bedarf bei dem Einfluss, den das spezif. Gewicht der Körper und ihre genaue chemische Zusammensetzung üben, kaum der Hervorhebung, dass die Angaben oft Unterschiede zeigen, die in der Herkunft des betr. Materiales, theils auch in den Bestandtheilen und in der angewendeten Bestimmungsmethode der spezif. Wärme ihre Erklärung finden.

Tabelle über die spezif. Wärme verschiedener Materialien.

Lfd. No.	Material	Spezif. Wärm. Wärmeeinh. für 1 kg	1 cbm	Lfd. No.	Material	Spezif. Wärm. Wärmeeinh. für 1 kg	1 cbm
1	Wasser	1,000	1000	14	Quarz	0,1894	510
2	Atmos. Luft trocken	0,2413	0,3120	15	Sandstein	0,3800	900
3	Asche	0,2000	—	16	Tannenholz	0,6540	360
4	Dolomit	0,2114	610	17	Ziegelstein	0,2100	350
5	Eichenholz	0,5700	480	18			
6	Fichtenholz	0,6500	310	19	Aluminium	0,2122	550
7	Gips, gegossen	0,1966	190	20	Blei	0,0315	355
8	Glas	0,1930	480	21	Kupfer	0,0933	830
9	Granit	0,2370	675	22	Messing	0,0860	740
10	Graphit	0,1960	410	23	Roheisen	0,1298	940
11	Kalkstein	0,2400	630	24	Schweisseisen	0,1124	880
12	Koke	0,2031	90	25	Stahl	0,1175	925
13	Marmor	0,2100	570		Zink	0,0935	655

Die Zahlen der vorstehenden Tabelle stellen Mittelwerthe dar. Im besonderen Maasse ist dies bei den für die Raumeinheit geltenden anzumerken, weil bei vielen Materialien die Grenzen der spezif. Gewichte sehr weit auseinanderliegen und sich die auf die Raumeinheit bezogenen Zahlen der spezif. Wärme entsprechend weit nach unten und nach oben verschieben.

Je dichter ein Material um so geringer ist die auf die Gewichtseinheit bezogene spezif. Wärme und umgekehrt. Anders, wenn man die auf die Raumeinheit bezogene spezif. Wärme ins Auge fasst: Hölzer, Ziegelsteine und Blei haben, ungeachtet der sehr grossen Unterschiede der spezif. Gewichte, fast übereinstimmende spezif. Wärme für die Raumeinheit. Die höchste spezif. Wärme besitzt Wasser, die geringste, auf die Raumeinheit bezogene, trockene atmosph. Luft, und demnächst folgt, auf die Raumeinheit bezogen, Koke. Unter den Metallen besitzt sowohl für die Gewichts- als Raumeinheit Blei die geringste spezif. Wärme: 1 ^{kg} Blei wird mit $^1/_5$—$^1/_3$ derjenigen Wärmemenge, die 1 ^{kg} der übrigen in die Tabelle aufgenommenen Metalle erfordert, auf gleiche Temperatur mit diesen gebracht. Bei der spezif. Wärme für die Raumeinheit stehen Quarz und Eichenholz etwa gleich hoch; Glas hat sowohl für die Gewichts- als die Raumeinheit mittlere spezif. Wärme. Uebrigens ist hinzuzufügen, dass alle Zahlen für den Trockenheitszustand der Materialien gelten und sich erhöhen, wenn dieselben feucht sind.

5. Wärmeleitung.

Während durch die spezif. Wärme die Fähigkeit eines Materiales Wärme aufzunehmen gemessen wird, bestimmt sich die Fähigkeit, Wärme von der einen Fläche desselben, durch die Wanddicke hindurch, zur gegenüber liegenden Fläche zu leiten, durch dessen Leitungsfähigkeit.

Je geringer die spezif. Wärme und gleichzeitig die Wärmeleitung eines Materiales, um so weniger Wärme ist nothwendig, damit dasselbe eine gewisse Wärmemenge festhalte, so dass also die erreichte Temperatur desselben in umgekehrtem Verhältniss zu jenen beiden Faktoren steht. Einen gewissen Einfluss auf die Wärmeleitung übt die Farbe: Dunkelfarbige Materialien leiten weniger als hellfarbige oder weisse; erstere sind daher mehr oder weniger stark wärmesammelnd und nehmen schwer hohe Temperaturen an.

Die Wärmeleitung eines Materiales bestimmt sich nach derselben Grundformel, welche für die Luftdurchlässigkeit desselben gilt:

$$M = c\frac{t - t_1}{d}$$

in welcher, wenn nichts anderes hinzugefügt ist, als Maasseinheiten, Stunde, qm und m zu Grunde liegen. Es ist aber anzunehmen, dass die Wärmedurchleitung durch ein Material einem etwas anderen als dem Faktor $\frac{1}{d}$ folgt; sie nimmt mit wachsendem d weniger rasch als in dem Verhältniss $\frac{1}{d}$ ab.

Der Beiwerth c (Transmissionskoeffizient) ist von der Dichte des Materiales abhängig; er nimmt mit der Dichte zu, und umgekehrt. Durch Nässe wird er vermöge der besonders grossen Leitungsfähigkeit des Wassers erhöht. Poröse Baumaterialien sind daher nicht nur mitbezug auf Luftdurchlässigkeit, sondern auch mitbezug auf den Wärmeschutz, d. h. Verminderung von Temperaturschwankungen, vor solchen aus dichtem Stoff im Vorzuge. Besonders werthvoll ist der aus Luftdurchlässigkeit, geringer spezif. Wärme und Wärmeleitung hervorgehende Vorzug poröser Baumaterialien, dass sie aufgenommene Feuchtigkeit rasch wieder abgeben, mithin allgemein sich trocken halten.

Nachstehende zwei Tabellen enthalten eine Anzahl Werthe des Leitungskoeffizienten c, denen aber die Bemerkung beizufügen ist, dass für einige Materialien

anderweit abweichende Zahlen ermittelt worden sind. Dies gilt insbesondere für einige Metalle; die Abweichungen sind hier unberücksichtigt gelassen.

Tabelle 1
über die Grösse der Wärmeleitung verschiedener Materialien (Werthe von c).

Lfd. No.	Material	Wärmeleitungs-Koeffizient c	Lfd. No.	Material	Wärmeleitungs-Koeffizient c
1	Kupfer	69	16	Fichtenholz parallel z. d. Fasern	0,093
2	Eisen	28	17	Eichenholz senkrecht z. d. Fasern	0,211
3	Zink	28	18	Kork	0,143
4	Zinn	22	19	Zerstossene Ziegelsteine, grobkörnig	0,139
5	Blei	14	20	Zerstossene Ziegelsteine, feinkörnig	0,165
6	Feinkörniger grauer Marmor	3,48	21	Feines, geschlämmtes Ziegelmehl	0,140
7	Grobkörniger weisser Marmor	2,78	22	Kreidepulver, gepresst	0,103
8	Feinkörniger Kalkstein	1,70—2,08	23	Holzasche	0,060
9	Glas	0,75—0,88	24	Sägemehl	0,065
10	Grobkörniger Lias-Kalk	1,36	25	Holzkohlenpulver	0,079
11	Gips, mit Wasser angemacht	0,33	26	Kokepulver	0,160
12	Gips, mit Alaun angemacht	0,63	27	Leinwand	0,039
13	Gebrannter Thon	0,51—0,63	28	Graues Druckpapier	0,034
14	Quarzsand	0,27	29	Stärkekleister	0,425
15	Fichtenholz senkr. z. d. Fasern	0,17	30	Ruhende Luft	0,040

Der nachstehenden Tabelle 2 liegt eine andere Einheit zugrunde als der vorigen Tabelle. Daher sind Vergleiche der Zahlen der einen Tabelle mit denjenigen der anderen nicht zulässig.

Tabelle 2
Wärmeleitung einiger Materialien in trockenem und nassem Zustande.

Lfd. No.	Material	Wärmeleitungsvermögen	
		trocken	nass
1	Carara-Marmor	100	102,1
2	Granit aus der Oberpfalz	92,9	93,6
3	Grünsandstein	92,9—97,1	93,1—98,5
4	Kalkstein	94,4	97,1
5	Ziegel, von Hand geformt	88,0	92,1
6	„ Maschinenformung	87,4	91,6

Die Tabelle 1 zeigt die Metalle als ausserordentlich starke Wärmeleiter, allen voran das Kupfer. Zink und Eisen besitzen nicht ganz die Hälfte der Leistungsfähigkeit von Kupfer, sind aber auch noch starke Leiter; es wird daher unter Dächern aus diesen Materialien die Temperatur stark erhöht werden.

Glas hat ebenfalls keine hohe Wärmeleitung, aber hohe spezifische Wärme; es hält daher die Wärme in geringerem Maasse fest als Blei. Tapete besitzt nur sehr geringe Wärmeleitung, dagegen Stärkekleister sehr hohe; Tapezirung der Wände übt daher nur geringen Einfluss auf die Wärmebeständigkeit. Geringe Wärmeleitung von Papier spielt auch bei den Holzzementdächern eine Rolle, die daher durch ihre mehrfachen Papierlagen zur Kühlhaltung der Dachräume im Sommer und Warmhaltung derselben im Winter beitragen. Auch ein Leinwandbezug bildet ein verhältnissmässig gutes Isolirmittel gegen Wärmeschwankungen. Die Zahlen zu No. 20— 26 beziehen sich auf einige, als sogen. Wärmeschutzmittel gebräuchliche Materialien; sie lassen die grossen Unterschiede in der Leistungsfähigkeit solcher scharf hervortreten. Ein vorzügliches, doch gegen Papier noch etwas zurückstehendes Wärmeschutzmittel ist ruhende Luft, von der in Hohlsteinen und den sogen. Luftschichten oft Anwendungen gemacht werden. Bewegte Luft ist nach der Tabelle 3, Seite 818, stark wärmeleitend.

Grünzweig hat eine Reihe von Versuchen über die Wärmeleitung verschiedener Materialien ausgeführt, mit dem Zwecke, zu ermitteln, wie dieselbe sich im Vergleich zur Wärmeleitung von Korkstein stellt. Ob alle von Grünzweig unternommenen Versuche mit einer ausreichend grossen Zahl von Probestücken angestellt worden sind, um als ganz sicher gelten zu können, bleibe ununtersucht. Aber die Ergebnisse der Versuche sind werthvoll genug, dass sich die Mittheilung derselben rechtfertigt. Sie beziehen sich theils auf einzelne Materialien, theis auf Verbindungen mehrerer wirklicher Konstruktionen. Um den Einfluss von Rissen auszuschliessen — namentlich bei Mörtel — wurde eine Papierlage zwischen Wärmequelle und Probestück eingefügt; den betr. Angaben ist in der Tabelle zur Kennzeichnung der Buchstabe p hinzugefügt. Als Einheit ist für die mitgetheilten Zahlen die Wärmeleitung einer 40^{mm} dicken Korksteinplatte benutzt.

Die Tabelle lässt in dem Theile zu A. hohe Wärmeleitung bewegter Luft und ziemlich hohe Wärmeleitung auch von dünnem Papier erkennen. Bei Hohlziegeln geht die Wärmeleitung nicht so weit herab, als man von vorn herein annehmen möchte; es scheint daher zweifelhaft, ob Mauern aus Hohlziegeln mit solchen aus Vollziegeln, wenn eine — mit ruhender Luft erfüllte — Luftschicht hergestellt wird, inbezug auf Wärmeschutz gleichwerthig sind. Gipsputz setzt die Wärme erheblich herab, und umsomehr, je stärker der Putz ist.

Auffällig tritt in dem Theil der Tabelle zu A. die bereits oben angemerkte Erscheinung hervor, dass die Wärmeleitung nicht in umgekehrtem Verhältniss zur Dicke *(d)* der Materialien abnimmt, sondern in einem geringeren. Dies erweisen auch Zahlen, die von Ferrini für den Wärmedurchgang von Mauern verschiedener Stärke ermittelt worden sind. Nach demselben verhält sich, wenn für eine Mauer der Stärke = $0{,}1^{m}$ der stündliche Wärmedurchgang = 100 gesetzt wird, der Wärmedurchgang für Mauern von anderen Stärken wie folgt:

Mauerstärke	= 0,1—0,2—0,3—0,4—0,5—0,6—0,7—0,8—0,9—$1{,}0^{m}$.
Stündl. Wärmedurchgang	= 100—75—60—50—43—38—34—30—27—25.

Bis zur Dicke von $0{,}5^{m}$ nimmt der Wärmedurchgang etwa in dem Verhältniss $\frac{1}{\sqrt{d}}$ ab, von da an aber in noch etwas grösserem.

In mehreren Zahlen des Theils B der Tabelle 3 ist der Einfluss sehr merkbar, den die Oberflächenbeschaffenheit auf den Ein- und Austritt der Wärme übt. Die Zusammenstellung mehrerer Materialien zu einer Konstruktion kann darnach mit Bezug auf Wärmeleitung sich anders verhalten als nach der Wärmeleitung der einzelnen Materialien zum voraus erwartet werden musste.

Aus den Tabellen 1—3 ergiebt sich ausserdem, dass, je poröser ein Material ist, d. h. je mehr Lufteinschlüsse es enthält, um so geringer seine Wärmeleitung ist; doch erfolgt die Abnahme nicht im geraden Verhältniss zur Grösse des Porenvolumens, sondern langsamer.

Tabelle 3
über Wärmeleitung einiger Baumaterialien und Baukonstruktionen (nach Grünzweig).

Lfd. No.	A. Materialien	Wärmeleitung
1	Korkstein, 4 cm dick . . .	1,00
2	Bewegte Luft	6,93
3	Dünnes Papier	3,03
4	2 Lagen dünnes Papier mit Luftschicht von 6 cm .	2,17
5	Ziegelstein, 6,5 cm dick .	2,09
6	Hohlziegel, 6,5 cm „ .	1,97
7	Ziegelstein, 12 cm „ .	1,60
8	Hohlziegel, 12 cm „ .	1,53
9	Schilfbretter, 3 cm „ *(p)*	1,42
10	Tuffstein, 12 cm dick . .	1,19
11	Brett ohne Fugen, 4 cm dick *(p)*	1,14
12	Schilfbretter, 5 cm dick *(p)*	1,12
13	Korkstein, 4 cm dick *(p)* .	1,07
14	desgl., 3 cm dick *(p)* .	1,03
15	desgl., 4 cm dick, beiderseits mit Gipsputz	0,83
16	desgl., 6,5 cm dick *(p)* . .	0,80
17	desgl., 6,5 cm dick, beiderseits mit Gipsputz . .	0,65
18	desgl., 12 cm dick	0,52

Lfd. No.	B. Konstruktionen.[1]	Wärmeleitung
1	Korkstein, 4 cm dick . . .	1,00
2	Wellblechdach	2,93
3	Falzziegeldach	2,61
4	desgl. *(p)*	2,00
5	Pappedach auf Schalung, mit Rohrputz auf der Unterseite	1,37
6	Falzziegeldach mit Schalung	1,31
7	Bretter, 2,5 cm, mit dichten Fugen u. Rohrputz auf der Unterseite *(p)* . . .	1,29
8	Wellblechdach mit geformten 3,3 cm starkem, dicht anschliessendem Korkstein	1,17
9	Falzziegeldach mit Schalung *(p)*	1,08
10	Holzzementdach m. Schalung, 4 Papierlagen und 6 cm Kiesschicht . . .	1,04
11	Falzziegeldach m. Schalung und Rohrputz auf der Unterseite *(p)*	1,04
12	desgl. mit doppelter Schalung und 2 cm Luftschicht dazwischen	0,86
13	Doppelte Bretterlage m. 3 cm Luftschicht dazwischen u. Rohrputz auf der Unterseite *(p)*	0,83
14	Falzziegeldach mit Schalung aus 4 cm Korkstein *(p)* .	0,80
15	Pappedach mit Schalung aus 4 cm Korkstein und Rohrputz *(p)*	0,77
16	Bretter, 2,5 cm, m. Schalung auf 4 cm Korkstein und Rohrputz auf der Unterseite *(p)*	0,77
17	Ziegeldach m. 3 facher Schalung u. 2 Luftschichten von je 2 cm dazwischen	0,76
18	desgl. mit doppelter Schalung, 2,5 cm Luftschicht u. Rohrputz auf der Unterseite *(p)*	0,70
19	Ziegeldach mit doppelter Schalung, 5 cm Luftschicht u. Rohrputz auf der Unterseite *(p)*	0,65
20	Falzziegeldach m. 3 facher Schalung ohne Luftschichten	0,62
21	Falzziegeldach m. 3 facher Schalung und 2 Luftschichten von 2 cm *(p)* .	0,61
22	desgl. desgl. desgl. u. Rohrputz auf der Unterseite *(p)*	0,61
23	Falzziegeldach m. Schalung aus 4 cm Korkstein . .	0,61
24	Holzzementdach auf Schalung, 4 Papierlagen, 6 cm Kiesschicht u. Schalung aus Korkstein 4 cm, mit Rohrputz *(p)*	0,58
25	Falzziegeldach m. Schalung, 6,5 cm, u. Gipsputz auf beiden Seiten derselben	0,51

*) Die bei einer Anzahl Konstruktionen vorkommenden Bretterschalungen sind überall 2,5 cm stark zu denken.

Durch Grösse der Wärmeleitung wird in Verbindung mit der spezif. Wärme die Temperatur, welche ein Körper besitzt bezw. bewahrt, bestimmt.

Körper mit hoher spezif. Wärme und hoher Wärmeleitung kann man als „kalt“ bezeichnen, Körper von geringer spezif. Wärme und geringer Wärmeleitung, umgekehrt als „warm“.

Wenn sich bei einem Körper hohe spezif. Wärme mit geringer Wärmeleitung und ebenso, wenn sich geringe spezif. Wärme und hohe Wärmeleitung verbinden, kann man von „mittlerer Wärme“ desselben sprechen.

Es ersieht sich daraus, dass der Wärmeschutz eines Körpers, d. h. die Aufgabe, einem Körper mit geringem Wärmeaufwand dauernd eine von Schwankungen einigermaassen freie Temperatur zu verschaffen, auf verschiedene Weise gelöst werden kann. Doch wird es sich dabei fast immer nur um die Benutzung eines Materials handeln, welches geringe Wärmeleitung besitzt.

Von ganz besonderer Bedeutung ist der Wärmeschutz bei Anlagen, die, wie z. B. Wasserleitungsrohre, vor dem Zutritt von Frost geschützt werden müssen oder bei langen Leitungen für Wärme- oder Kraftübertragung durch Wärme, die auf dem Wege zur Verbrauchsstelle vor grösseren Verlusten bewahrt werden müssen.

Man kann die Zahlen der oben mitgetheilten Tabellen u. a. dazu benutzen, die Stärken von zwei Mauern aus ungleichen Materialien rechnerisch zu bestimmen, wenn verlangt wird, dass bei beiden die Wärmeleitung gleich gross sei. Man findet dabei, dass eine Mauer aus Ziegelstein nur $^2/_3$ bis $^1/_2$ herab der Stärke einer Mauer aus dichtem Bruchstein zu haben braucht. Dies Ergebniss steht mit der Erfahrung in guter Uebereinstimmung.

Einfluss der Oberflächenbeschaffenheit. Bei der Wärmeleitung der Materialien ist bisher der Einfluss eines Faktors unberücksichtigt geblieben, der hier wenigstens kurz erwähnt werden muss. Dies ist derjenige Einfluss, den die Oberflächenform und -Beschaffenheit der beiden gegenüberliegenden Seiten des Materials auf die Wärmeleitung erfahrungsmässig übt. Dieser Einfluss wird durch Beiwerthe (Koeffizienten) für Eintritt bezw. Austritt berücksichtigt, welche für die verschiedenen Materialien ungleich sind. Wegen dieser Beiwerthe und ihrer Benutzung muss hier auf die besonderen Angaben darüber in den betreffenden Lehrbüchern verwiesen werden. Aus diesen Verschiedenheiten erklärt es sich, dass, wenn Wärme von einem festen Körper auf den anderen übergeht, Menge und Geschwindigkeit derselben von der Oberflächenbeschaffenheit wesentlich beeinflusst werden. Handelt es sich um den Uebergang von Wärme aus festen Körpern in luftförmige oder tropfbar-flüssige, so stellen sich ähnliche Besonderheiten ein. Der Uebergang von Wärme aus Luft (oder Dampf) in tropfbar-flüssige Körper gestaltet sich anders als der Uebergang von Wärme aus Luft in feste Körper, oder die Uebergänge von Wärme aus Wasser in Luft (oder Dampf), bezw. aus festen Körpern in Luft. Auch diese durch Beiwerthe (Koeffizienten) zu berücksichtigenden Unterschiede bleiben hier ausser Betracht; sie werden in dem Abschnitt über Heizung im zweiten Theile des Buches berücksichtigt.

Noch ist ein Unterschied in der Wärmeübertragung zu berühren, der durch die Bezeichnungen Strahlungswärme und Leitungswärme (oder Kontaktwärme) ausgedrückt wird. Der Unterschied ist anschaulicher, wenn man sich an den Unterschied zwischen unmittelbarem Licht und zerstreutem Licht erinnert, bei welchem ein ähnlicher Unterschied vorliegt. Ein Theil der Wärme wird strahlenartig von der Quelle aus, ohne dass Abgabe an die umgebende Luft stattfindet, nach einer anderen Stelle hin übertragen, während ein zweiter Theil gleich an der Quelle in die Luft übergeht, und mit dieser zu einer anderen Stelle gelangt.

Die sogen. „stechende Wärme“ eiserner Zimmeröfen und anderer metallischer Heizkörper ist Strahlungswärme, die Wärme, welche durch sogen. Luftheizungen in Räume eingeführt wird, Leitungswärme.

Strahlungswärme wird von Manchem unangenehm empfunden, von Anderen bevorzugt. Ob gesundheitlich ein Unterschied zu machen, so lange die Strahlungswärme unter einer gewissen Temperaturgrenze bleibt, ist noch offene Frage. Hingegen wirkt höhere Strahlungswärme dadurch jedenfalls unangenehm bezw. gesundheitsschädigend, dass sie grosse Temperatur-Unterschiede an verschiedenen Stellen eines und desselben Raumes, bezw. an verschiedenen Körpertheilen hervorruft. Ein nur durch Strahlung, oder durch Strahlung und Leitung erwärmter Raum kann neben heissen Stellen auch solche mit viel niedriger liegender Temperatur enthalten und dadurch unmittelbar schädigend auf die Haut und die Athmungswerkzeuge wirken. Des weiteren werden durch die Ungleichheit in der Wärmevertheilung einige Theile der Raumumschliessung — die Wände — auf beträchtlich geringeren bezw. höheren Temperaturen sich halten als andere Theile. Gegen kältere Flächentheile wird aber von den in der Nähe sich aufhaltenden Personen eine mehr oder weniger bedeutende Abstrahlung der Körperwärme stattfinden, woraus Störungen des Wohlbefindens hervorgehen, oder Disponirungen zu solchen entstehen können; auch wird an kalten Wandtheilen leicht Feuchtigkeit niedergeschlagen, die in mehrfacher Weise gesundheitsschädigend wirken kann; durch verstärkte Heizung ist dem Uebelstande nicht abzuhelfen. Möglichste Gleichheit der Wärmevertheilung in einem Raume ist eine Forderung von Bedeutung, welche zu dem Vorhandensein von Strahlungswärme im Widerstreit steht.

Die grössten Mengen von Strahlungswärme liefert das offene Feuer der Kamine. Geschieht die Wärmeabgabe durch ein Zwischenmittel (Metall, Thon usw.), so hängt die Menge der Strahlungswärme von der Oberflächenbeschaffenheit des Zwischenmittels ab. Je rauher die Oberfläche, um so grösser ist im allgemeinen die Menge der Strahlungswärme und umgekehrt. Nachstehend sind für eine Reihe von Materialien die Beiwerthe (Koeffizienten) der Strahlungswärme angegeben, zu denen die Menge dieser in geradem Verhältniss steht.

Tabelle der Koeffizienten a der Strahlungswärme einiger Materialien.

Lfd. No.	Material	Koeffizient	Lfd. No.	Material	Koeffizient
1	Kupfer	0,16	10	Glas	2,91
2	Zinn	0,22	11	Bausteine (?)	3,60
3	Zink	0,24	12	Gips	3,60
4	Polirtes Messing	0,26	13	Holz (?)	3,60
5	Polirtes Eisenblech	0,45	14	Feiner Sand	3,62
6	Schwarzblech	2,77	15	Oelanstrich, Seidenstoff	3,71
7	Mit Rost bedecktes Schwarzblech	3,36	16	Papier, Tapete	3,77
			17	Wasser	5,31
8	Roheisen	3,17	18	Russ	4,01
9	Rostiges Roheisen	3,36	19	Kohlenstaub	3,42

Die Tabelle macht anschaulich, in welchem Umfange die von rauhen Oberflächen eiserner Oefen abgegebene Wärme belästigend — und gesundheitsschädigend — im Vergleich zu der von blanken Oberflächen abgegebenen Wärme sein kann. Kachelöfen, sowohl als blanke Heizkörper für Dampf- und Wasserheizung, eiserne Oefen mit theilweiser Bildung der Umschliessungen aus glasirten Fliesen, sind entschieden im Vorzuge. Desgleichen wirkt es auf die Wärmestrahlung vermindernd, wenn die Oberfläche eiserner Oefen fortwährend in gutem — blankem — Zustande erhalten wird und sich nicht mit Rost bedeckt. Verhältnissmässig grosse Mengen von Strahlungswärme liefern nach der Tabelle die Fenster, ferner Oelfarbenanstrich und Bekleidung der Wände mit (nicht glänzender) Tapete.

Wird die durch Strahlung und Leitung in der Zeiteinheit abgegebene Wärmemenge mit W bezeichnet, so ist:

$$W = w_1 + w_2$$

und nach Bestimmungen von Duong und Pétit die Strahlungswärme:

$$w_1 = 125\,a\,(1{,}0077^{t_1} - 1{,}0077^{t_2})$$

und die Leitungswärme:

$$w_2 = 0{,}55\,b\,(t_1 - t_2)^{1{,}233}.$$

Darin ist a der sogen. Strahlungskoeffizient, und b der Berührungskoeffizient, der bei ruhender Luft zu 4, bei bewegter Luft zu 5—6 angenommen werden kann, entsprechend den Wechseln in der Abgabe der Leitungswärme, je nachdem die abgebende Fläche von ruhender oder bewegter Luft berührt wird; Luftbewegung vergrössert die Wärmeabgabe um 25—50%. t_1 bezeichnet die Temperatur der wärmeabgebenden Fläche, t_2 diejenige der umgebenden Luft. Die Werthe des Strahlungskoeffizienten für eine Reihe von Materialien sind in der vorstehenden Tabelle mitgetheilt.

6. Längen-, Flächen- und körperliche Veränderungen der Materialien bei Aufnahme bezw. Abgabe von Wärme und Feuchtigkeit.

Durch Wärmeaufnahme wird bei allen festen Körpern eine Längen-, Flächen- und Volumenvergrösserung hervorgebracht, und umgekehrt, durch Abkühlung Verminderung aller angegebenen Grössen.

Zum Messen der Aenderungen dient der sogen. Ausdehnungskoeffizient α und es ist, wenn l_1 und l_2 Längen, f_1 und f_2 Querschnitte, v_1 und v_2 Mengen (Volumina) von je zwei Materialstücken bezeichnen:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{1 + \alpha t_1}{1 + \alpha t_2}; \quad \frac{f_1}{f_2} = \frac{1 + 2\alpha t_1}{1 + 2\alpha t_2}; \quad \frac{v_1}{v_2} = \frac{1 + 3\alpha t_1}{1 + 3\alpha t_2}$$

Der zweite und dritte Ausdruck ist nur angenähert richtig; alle drei gelten für feste Körper. Für eine Anzahl von Materialien ist der Koeffizient $100\,\alpha$ folgender:

Glas	0,000812—0,000872	= 1 : 1232—1 : 1147
Gusseisen . .	0,001110	= 1 : 901
Schweisseisen .	0,001211	= 1 : 826
Stahl, weich .	0,001079	= 1 : 927
Kupfer . . .	0,001643	= 1 : 609
Messing . . .	0,001875—0,001933	= 1 : 533—1 : 517
Blei	0,002848	= 1 : 351
Bronze . . .	0,001755	= 1 : 570
Zinn	0,001938	= 1 : 516
Zink	0,002941—0,003108	= 1 : 340—1 : 322
Zement . . .	0,001430	= 1 : 699
Holz, quer . .	0,0030—0,006	= 1 : 333—1 : 167
„ längs . .	0,0003—0,001	= 1 : 3333—1 : 1000

Wasser hat bei 4° das kleinste Volumen, dehnt sich daher sowohl bei Erwärmung als bei Abkühlung von 4° abwärts aus.

Bei allen Gasen hat der Ausdehnungskoeffizient für das Volumen fast genau denselben Werth, nämlich:

$$\alpha = 0{,}003665 = 1 : 273.$$

Ueber die Volumen-Vergrösserung, welche Baumaterialien bei Aufnahme von Wasser (Feuchtigkeit) erleiden, liegen bisher erst Anfänge von Beobachtungen vor. Schumann hat eine Reihe von Bausteinen, sowie Zementmörtel, auf die

Volumenvergrösserung, die bei Wasseraufnahme stattfindet, untersucht, und, nachdem die betr. Materialstücke durch 2 wöchiges Liegen im Wasser vollständig gesättigt waren, folgende Zahlen für die Volumen-Vergrösserung gefunden:

bei Ziegelsteinen	von	0,00018—0,00057
„ Sandsteinen	„	0,00018—0,00618
„ Kalksteinen	„	0,00012—0,00078
„ Basalt	„	0,00069—0,00144
„ Granit	„	0,00018
„ Zementmörtel ohne Sandzumischung	„	0,00042—0,00400
„ „ aus 1 Gew.-Th. Zement und 3 Gew.-Th. Sand		0,00015—0,00120

Da die Volumenvergrösserung angenähert das 3 fache und die Querschnittsvergrösserung angenähert das Doppelte der linearen Vergrösserung ist, können aus den mitgetheilten Zahlen die Querschnitts- und Längenzunahmen berechnet werden.

In demselben Maasse wie bei Aufnahme von Wärme und Feuchtigkeit Vergrösserungen der Volumen usw. stattfinden, werden bei Austrocknung sich Verringerungen ergeben. In diesem Falle spricht man von Schwindmaassen. Letztere werden nur bei homogenen Körpern in allen drei Richtungen dieselben sein, bei anders gearteten Körpern dagegen in den verschiedenen Richtungen Ungleichheiten zeigen. Dies ist z. B. bei Hölzern der Fall, für welche folgende in Prozenten angegebene Schwindungkoeffizienten bekannt geworden sind, die selbstverständlich nicht ganz streng aufgefasst werden dürfen.

	Schwindmaass in der Längen-	radialen Richtung	tangentialen
Tannenholz, jung	0,122	2,91	6,72
„ alt	0,086	4,82	8,13
Fichtenholz	0,076	2,41	6,18
Kiefernholz	0,120	3,04	5,72
Eichenholz, jung	0,400	3,90	7,55
„ alt	0,130	3,13	7,78
Ahornholz	0,100	2,06	4,13
Rothbuchenholz	0,200	5,03	8,06
Lindenholz	0,100	5,73	7,17
Weissbuchenholz	0,400	6,66	10,90

Die Volumenänderungen der Körper, welche infolge von Temperatur- und Feuchtigkeitswechseln stattfinden, bilden bei manchen Materialien eine Hauptursache der nach und nach vor sich gehenden Zerstörung, indem sie durch vielfache Wiederholungen Lockerungen des Gefüges erzeugen. Alle Bausteine zeigen darum bei Nässe — auch in der Zeit, in welcher sie noch die sogen. Bergfeuchtigkeit besitzen — geringere Festigkeit als im Zustande der Trockenheit. Manche Natursteine erlangen sogar durch die Trocknung erst denjenigen Grad der Festigkeit, der auf die Dauer genügt um aufzunehmende Lasten zu tragen; dies gilt z. B. von einigen Sandsteinarten. Je grösser die Wasserhaltigkeit, um so geringer ist die Festigkeit.

Eine so merkbare Beeinflussung, wie sie Wasser ausübt, findet durch Aufnahme von Wärme nicht statt; bei dieser bedarf es starker Erwärmung, damit beträchtlichere Lockerungen des Gefüges stattfinden. Aber die zur völligen Zerstörung nöthigen Temperaturen liegen doch z. B. bei einigen Natursteinen weniger hoch, als man anzunehmen geneigt sein möchte. Doelter hat gefunden, dass Granit bei 1230° weich wurde, und andere Gesteine, wie Orthoklas, Albit,

Labrador, Hornblende, Magnesit bei Temperaturen von 1100° und wenig darüber schmolzen. Lava und Basalt erreichten den Schmelzpunkt schon zwischen 960 und 1030°.

In besonderen Fällen kann die Zerstörung durch vereinigte Wirkung von Wärme und Feuchtigkeit stattfinden. Wenn nämlich die Poren eines Gesteins Wasser enthalten, so mag dies durch Wärme in Dampf übergeführt werden, dessen Spannung, wenn die betr. Poren geschlossen sind, der durch Erwärmung erzeugten Spannung zwischen den kleinsten Theilen des betr. Körpers hinzutritt. Stärkere Abkühlung bringt Verminderung des Volumens, und damit ebenfalls Schädigungen der Struktur mit sich, die aber wohl geringer sind als Schädigungen durch Volumenvergrösserung. Folgt nun auf starke Abkühlung rasche Erwärmung, so treten leicht bedeutende Schädigungen ein. Dieselben fallen noch grösser aus, wenn das Material stärker wasserhaltig ist, so dass in den Poren grössere Eisbildungen stattfinden. Hiernach haben für manche Materialien Proben auf Frostbeständigkeit Bedeutung, die man früher vielfach durch Eintauchen in sogen. Gefrierflüssigkeiten, d. h. Stoffe mit tiefliegendem Gefrierpunkt, ausführte. Solche Proben liefern aber keine zuverlässigen Ergebnisse und werden deshalb in neuerer Zeit durch wirkliche Frostproben ersetzt, und zwar sowohl durch Frost an kalter Luft als im Wasser. Die stärksten Proben sind diejenigen, bei welchen die gefrorenen Stücke unmittelbar in warmes Wasser, oder umgekehrt, erwärmte Stücke in eisige Luft oder eisiges Wasser verbracht werden. — Auf der Ausdehnung durch Eisbildung im Inneren beruhen auch die Schädigungen, welche frischer Mörtel erfährt. Um demselben einigen Schutz zu verschaffen, empfiehlt es sich bei Maurerarbeiten, die zur Winterzeit ausgeführt werden, nur möglichst trockenen Mörtel zu benutzen und denselben, um das Abbinden zu befördern, immer frisch vor dem Verbrauch mit angewärmtem Wasser anzumachen.

Ueber das Verhalten einzelner Hauptmaterialien bei Einwirkung von Wasser bezw. Wärme vergl. an späterer Stelle.

7. Elektrische Eigenschaften.

Wenn zwei verschiedene Materialien, bei welchen hier insbesondere an Metalle gedacht ist, mittels einer zwischen ihnen befindlichen Flüssigkeit (z. B. Wasser) in leitende Verbindung treten, können Zersetzungen durch Elektrizität stattfinden, deren Grösse sich im allgemeinen nach den Stellen richtet, welche die betr. Stoffe in der sogen. elektrischen Spannungsreihe einnehmen. Denn in dieser Reihe ist jeder Stoff inbezug auf den vorhergehenden elektro-positiv und inbezug auf den nachfolgenden elektro-negativ. Die elektrolytische Wirkung ist um so grösser, je weiter die beiden Stoffe in der elektrischen Spannungsreihe auseinanderliegen, und umgekehrt. Hier werden aus derselben nur einige wenige Metalle angeführt, die im Bauwesen grössere Bedeutung besitzen. Diese sind, sammt ihrer Ordnungszahl:

31. Kupfer,	38. Eisen,
33. Zinn,	39. Zink,
34. Blei,	40. Aluminium.

Demnach finden zwischen Kupfer und Aluminium die stärksten, zwischen Kupfer und Eisen nur wenig stärkere, zwischen Eisen und Blei, bezw. zwischen Eisen und Zink geringste oder keine elektrolytischen Wirkungen statt. Doch sind die Ordnungszahlen in der elektrischen Spannweise nicht streng aufzufassen, da das Bild durch gewisse Verunreinigungen, welche die Metalle enthalten, stark verändert werden kann.

8. Baumaterialien als Aufenthaltsorte von mikroskopischem Leben.

Bei der geringen Grösse der Spaltpilze, die bis zu etwa 0,0005 mm heruntergeht, stehen denselben die geringsten Höhlungen, Sprünge und Undichtheiten, auch Ueberzüge, welche gegen Wasser und Luft als undurchlässig gelten, offen;

Fortbewegung kann mit Luftströmungen, durch Verschleppen auf dem Körper von Thieren und in der menschlichen Kleidung, mit Wasser, endlich auch dadurch erfolgen, dass Hindurchwachsen durch Körper von selbst grosser Dicke stattfindet. Für den Zweck dieses Buches spielt nur die Ausbreitung von Keimen auf erstere und letztere Weise eine Rolle; zu den Keimen rechnen im weiteren Sinne aber auch Schimmel- und Sprosspilze. Die freie Atmosphäre enthält nur wenig Keime; mehr Keime und darunter oft auch solche ansteckender Krankheiten werden in der Luft geschlossener Räume angetroffen. Eindringen von Aussenluft durch die Poren von Mauern und Wänden in geschlossene Räume kann also kaum je eine Anreicherung der Zimmerluft mit Keimen bewirken. Aber die Geschwindigkeiten, mit welchen Luft durch eine Mauer usw. hindurchgeht, sind nicht gross genug, um Keime mit hindurchzuführen, da festgestellt ist, dass dieselben bei Luftgeschwindigkeiten, die schon gut merkbar sind und selbst grösseren, auf kurzem Wege ausfallen. Die Erscheinung erklärt sich dadurch, dass die Keime nicht selbständig, sondern an Staubtheilchen usw. haftend in der Luft vorkommen. Mit Luftströmungen zu einer Wand oder Mauer geführte Keime können dort aber hängen bleiben und hindurchwachsen, wenn sie nicht etwa durch in der Wand enthaltene Stoffe in ihrer Weiterentwicklung gestört oder vernichtet werden. Ein Stoff, der letzteres bewirkt, ist freies Kalkhydrat, das in Luftmörtel sehr lange und in Zementmörtel wahrscheinlich für sehr lange Dauer, wenn nicht für immer, vorhanden ist. Doch kann durch Zuführung von Säuren — z. B. auch mit Urin — Neutralisation stattfinden.

Der Grund unter Gebäuden und der Boden hinter den Grundmauern von Gebäuden bieten bei einer gewissen Beständigkeit der Temperatur und einer gewissen Temperaturhöhe, wenn einige Feuchtigkeit vorhanden ist, günstige Bedingungen für mikroskopisches Leben; von hier aus kann also am leichtesten Eindringen desselben in ein Gebäude stattfinden. Grössere Schädigungen, die hierauf vielfach zurückkommen, sind der sogen. Mauerfrass und der Hausschwamm.

Einen dritten Ausgangspunkt für mikroskopisches Leben und darunter auch hoch gefährliches, bilden die hölzernen Zwischendecken der Wohnungen, wenn entweder in dieselben mit dem Deckenfüllmaterial Keime eingebracht wurden, oder wenn später solche in dieselben durch Undichtheiten des Fussbodens hineingelangen. Die Bedingungen, unter welchen sich mikroskopisches Leben in den Zwischendecken befindet, sind meist sehr günstig: Temperatur, Feuchtigkeit, passende Nährstoffe, überhaupt alles vereinigt sich hier, um demselben zu einer raschen Entwicklung zu verhelfen.

Der Mauerfrass (Salpeterfrass) ist im Gegensatz zu den chemischen Vorgängen — bei welchen auf den Mauern und im Inneren von Ziegelsteinen Kristalle entstehen — ein Vorgang biologischer Natur, der sowohl bei Mauern aus Naturstein als bei solchen aus Ziegelstein auftritt. Er entsteht da, wo Boden oder Schmutzmassen mit reicherem Stickstoffgehalt, thierische oder menschliche Ausscheidungen, Kadaver oder Leichentheile mit Mauern in unmittelbare oder nähere Verbindung gerathen; ausserdem müssen Alkalien anwesend sein. Diesen wird durch die — von den Nitrobakterien bewirkte — Ueberführung des Ammoniaks in salpetrige und Salpetersäure das Material zur Bildung von Salpeter vermittelt, der Volumenvermehrungen und Lockerungen des Gefüges der Mauern zur Folge hat. Immer ist mit der Entstehung von Mauerfrass Schimmelbildung und Feuchtigkeit verbunden, die ebenfalls zerstörend auf das Mauerwerk wirken. Fernere Zerstörungen finden nebenher durch Kohlensäure, Schwefelverbindungen, Alkalien statt, sodass der Schaden in kurzer Zeit grosse Ausdehnung annehmen kann. Als Gegenmittel sind Entfernung des Stickstoffs aus der Nähe der Mauer, Trocknen derselben, tiefes Auskratzen der Fugen und nachheriges Auftragen eines Zementputzes oder Asphaltüberzuges anzuwenden.

Was den Hausschwamm (Merulius lacrymans) — nach seinem Wassergehalt und wie er denselben ausscheidet, auch Thränenschwamm genannt — betrifft, so ging die Ansicht früher dahin, dass der Pilz ausschliesslich an todtem Holz vorkomme. Neuerdings ist derselbe aber auch im Walde gefunden worden; doch

scheint es, dass dies Vorkommen sehr selten ist und auch nur an abgestorbenem Holz stattfindet. Immerhin muss mit der Möglichkeit des Einschleppens aus dem Walde gerechnet werden und damit, dass die Existenz-Bedingungen des Hausschwammes, was Licht und Temperatur betrifft, nicht so eng umgrenzt sind wie früher gewöhnlich angenommen wurde.

Die Frage: ob der Hausschwamm spezifisch giftige Eigenschaften besitzt, ist ziemlich sicher in verneinendem Sinne entschieden. Frischer Hausschwamm ist auch nicht einmal belästigend für den Geruchssinn; dagegen sendet abgestorbener einen stark muffigen Geruch aus. Kohlensäure-Erzeugung, die man früher dem Hausschwamm zuschrieb, findet wahrscheinlich nicht statt. Aber abgesehen von der Frage spezifisch giftiger Wirkungen des Hausschwammes, ist seine allgemeine Schädlichkeit für die Bewohner eines mit Schwamm behafteten Gebäudes eine sehr hohe, wie sich aus dem Folgenden ergiebt.

Der Pilz besteht zu hohem Antheil aus Wasser; bei verschiedenen Proben ergab sich sein Wassergehalt zwischen 48 und 68,4% liegend; getrocknete Pilzmasse enthielt 4,9% Stickstoff, 15,2% Fett und ausserdem mehre anderere, noch nicht näher bestimmte Stoffe.

Gewöhnlich tritt der Hausschwamm an Nadelhölzern, nur selten an Laubhölzern auf; doch sind letztere keineswegs infektionsfrei. Neben Fichten- wird Eichenholz befallen, während das Holz der Rothbuche Immunität zu besitzen scheint.

Die besondere Zerstörungsweise des Holzes durch den Pilz beruht darauf, dass aus seinen, die Holzmasse durchdringenden feinen, mit dem unbewaffneten Auge nicht erkennbaren Fäden Stoffe (Fermente) ausgeschieden werden, welche die Wände der Holzzellen durchdringen, gewisse Bestandtheile der Wände auflösen und so zur Ernährung des Pilzes vorbereiten. Zu den letzteren dienen besonders die Eiweisstoffe des Holzes, daneben Schwefel, Phosphorsäure, Alkalien usw., besonders aber Coniferin und Cellulose. Darnach kann die Entwicklung des Hausschwammes fast nur an Holz geschehen und Ernährung aus Boden, Mauerwerk usw. nur in untergeordnetem Maasse stattfinden.

Von Hausschwamm ergriffenes Holz nimmt gelblich-braune Färbung an, aber erst nachdem ein gewisser Substanzverlust an der Holzmasse eingetreten ist; diese kann bis vielleicht 70% des Holzvolumens gehen. An die Stelle der aufgezehrten Holzsubstanz tritt Wasser, welches begierig aufgesaugt wird. Wo kein Wasser vorhanden ist findet Schwindung des Holzes statt, welche, abweichend von der gewöhnlichen Art der Schwindung, in allen drei Richtungen (Längen-, radialen- und tangentialen-R.) sich etwa gleich gross herausstellt. Bretter müssen bei Trockenheit, oder nicht ausreichender Füllung der Lücken mit Wasser, nach der der angegriffenen Stelle abgewendeten (oberen) Seite hin sich krümmen. Im weiteren Fortgange der Zerstörung bilden sich an der Oberfläche in allen 3 Richtungen des Holzstückes klaffende Sprünge, wodurch das Stück in kleinere und grössere würfelartige Theile zerlegt und der Zusammenhalt der Theile nach und nach so weit zerstört wird, dass schon bei sehr geringem Druck oder Stoss vollständige Zerbröckelung stattfindet.

Man hat aus dem Wechsel, der nach den Jahreszeiten in der Zusammensetzung der Stoffe, welche das Holz bilden, stattfindet, annehmen wollen, dass Holz, welches in warmer Jahreszeit geschlagen worden, für die Infektion des Hausschwammes besonders empfänglich sei; die Richtigkeit dieser Vermuthung hat sich aber nicht erweisen lassen. Ein Unterschied scheint jedoch mit Bezug auf die Art der Koniferen zu bestehen: Kiefernholz ist mehr geschützt als Fichtenholz, selbst wenn ersteres nass, letzteres trocken ist. Daneben werden sicher Unterschiede mit Bezug auf das Alter des Holzes stattfinden, weil mit diesem die chemische und physikalische Beschaffenheit der Holzmasse sich ändert.

Der Hausschwamm entwickelt sich aus Sporen, die etwa 0,01 ^{mm} Länge, bei nur etwa 0,005 ^{mm} Dicke haben und ausserordentlich widerstandsfähig gegen äussere Einflüsse sind. Form und Widerstandsfähigkeit der Sporen sind es insbesondere, welche die grosse Gefahr der Verschleppung des Hausschwammes selbst auf weite Entfernungen, und in der allerverschiedensten Art mit sich bringen. Aus der Spore entwickelt sich das fadenförmige Mycelium, welches,

von dünnen, kaum sichtbaren Fäden, in einzelnen Strängen bis Bleistiftdicke erreichen kann; das Ganze verbreitet sich an der Oberfläche des befallenen Stückes gleich einem wurzelartigen Gewebe. Oft verwächst das Gewebe zu einer geschlossenen Haut von nicht unbeträchtlicher Dicke. Zunächst hat das Mycel rein weisse Farbe, später tritt schwach rauch-graue Färbung, und noch später eine ausgesprochen rauch-graue Färbung ein, welcher etwas gelb beigemengt ist. Gegen Trockenheit ist das feine Mycel so empfindlich, dass es, in Luft von nur etwa halber Sättigung gebracht, schon nach Verlauf von etwa 10 Minuten zusammenfällt und abstirbt, wogegen die stärkeren Stränge auch bei längerer Trocknung noch nicht sicher zugrunde gehen, sondern demnächst neues Mycel entstehen lassen können.

Obwohl der Hausschwamm zur Ernährung Holz nicht entbehren kann, wird er doch auf Mauern und Erdboden angetroffen. Diese Unterlagen bilden dann aber nicht den eigentlichen Nährboden, sondern dienen dem Pilz nur als Zwischenträger. Dies findet oft statt, weil der Hausschwamm die Fähigkeit besitzt, sich auf langen Wegen, durch Mauern hindurch, und weit über deren Oberfläche ausbreiten zu können. Zum Auftreten auch auf ungeeigneter Unterlage ist er im Stande, da er es vermag, den im Wachsthum befindlichen Spitzen der Mycelfäden aus meterweiter Entfernung die Grundlage ihrer Existenz: Wasser zuzuführen. Er kann also zu gleicher Zeit in der Doppelrolle von „Ursache" und „Erzeugniss" sich befinden, oder, mit anderen Worten, schon feuchte Gegenstände noch feuchter, und noch trockene erst feucht machen. In dieser Thatsache, ist eine der Holzzerstörung hinzutretende zweite Schädlichkeit des Hausschwammes begründet.

Eine dritte beruht in der Eigenschaft, dass der Hausschwamm nach dem Absterben (Vertrocknen) einen üblen — muffigen — Geruch abgiebt; der lebende Hausschwamm besitzt diese Eigenschaft nicht; ein von ihm ausgehender Geruch ist keineswegs unangenehm.

Zur Entstehung des Hausschwammes ist ein gewisser Grad von Feuchtigkeit — nicht Wasser — unerlässliche Bedingung. Wärme begünstigt sein Gedeihen; gegen Frost scheint er sehr empfindlich zu sein, ebensowenig aber auch Temperaturen die nur wenig hoch liegen (40⁰ und darüber) zu vertragen. Feuchte Luft ist für die Entwicklung Bedürfniss, während Berührung mit trockener Luft ihn bald und sicher vernichtet. Eine Ausnahme hiervon machen die stärkeren Stränge und die Sporen, welche selbst längere Trockenperioden überstehen können. Gegen Licht scheint der Hausschwamm sich einigermaassen indifferent zu verhalten; sicher genügen aber sehr geringe Lichtmengen zu seinem Gedeihen, während andererseits reichliches Licht dasselbe schädigt. Damit die Sporen auskeimen, müssen geringe Mengen von Alkalien anwesend sein, die aus verschiedenen Quellen herzu getragen werden können. Solche sind z. B. menschliche Auswurfstoffe, der Mörtel in Mauern, Küchenabfälle und eine — besonders reiche Quelle — Kohlengrus; auch Humusboden enthält Alkalien. Die Gegenwart von Ammoniaksalzen begünstigt das Gedeihen sehr.

Am häufigsten werden vom Hausschwamm Balken und Fussböden ergriffen. Die Ursache davon wird, abgesehen von dem Falle der Einschleppung mit infizirtem Bauschutt (Urbau) — gewöhnlich darin liegen, dass entweder die Balkenköpfe dem Eindringen der Feuchtigkeit unmittelbar offen stehen, oder dass das Deckenmaterial feucht war als die Herstellung des Fussbodens erfolgte, oder erst nachträglich feucht wurde, sei es, dass Wasser durch offene Fugen Zutritt fand, sei es, dass in der Füllmasse der — nicht warmem — Decke Feuchtigkeit aus der von unten durchgetretenen Luftmenge sich verdichtete. Da dichte natürliche Steine „kalt" sind, kondensirt an denselben leicht Wasser, welches, herab rinnend, Decke und Fussboden ebenfalls feucht machen kann. Die trockene und reine Beschaffenheit des Deckenfüllmaterials ist dem Vorstehenden nach mit Bezug auf die Vermeidung von Hausschwamm von der allergrössten Wichtigkeit, und besonderen Vorschub erfährt die Schwammbildung durch Benutzung von Steinkohlengrus als Deckenfüllmaterial.

Am meisten gefährdet sind hölzerne Keller-Fussböden wenn diese nicht gegen Zutritt aufsteigender Bodenfeuchtigkeit geschützt sind, oder auch wenn sich

Abortgruben in der Nähe befinden. Desgleichen findet sich der Hausschwamm leicht in hölzernen Fussböden von Kloseträumen, Küchen-, Bade-, und Waschzimmern ein.

Vorbeugungsmaassregeln gegen die Entstehung und Ausbreitung von Hausschwamm sind:

1. Vermeidung von Einschleppungsgefahr an Kleidern und Werkzeugen von Arbeitern, die bei Ausbesserung von Schwammschäden in anderen Gebäuden beschäftigt waren: Abwaschen, Desinfektion der betr. Stücke.

Das bei Schwammreparaturen ausgewechselte oder abgefallene Holz muss rasch an Ort und Stelle vernichtet — verbrannt — werden; verdächtiges Holz aus alten Gebäuden darf keine Wiederverwendung finden.

Auf Lagerplätzen darf das neue Bauholz nicht mit Holz, das aus Abbrüchen stammt, in Berührung kommen.

2. Trockenheit bezw. künstliche Trockenlegung des Baugrundes.

3. Natürliche Steine dürfen nicht in bruchfeuchtem Zustande verwendet werden, desgleichen nicht Ziegel, welche übermässig angenässt wurden.

Das Bauholz muss gut ausgetrocknet und möglichst frei von Splint sein. Für Theile, die in besonderem Maasse gefährdet sind, ist die Verwendung von imprägnirtem Holz anzurathen.

4. Bauschutt sollte zu Deckenfüllmaterial nicht benutzt werden, wenn doch, erst nach zuvorigem Ausglühen.

Desgleichen dürfen Steinkohlen-Grus und -Asche, Koke und Holzasche nicht als Deckenfüllmaterial verwendet werden.

Unter sonstigen Deckenfüllmaterialien stehen diejenigen obenan, welche trocken und rein sind und das kleinste Wasseraufnahme-Vermögen haben; nasses und feuchtes Füllmaterial muss ausgeschlossen sein.

5. Wo keine Unterkellerung stattfindet, müssen die Holz-Fussböden des Erdgeschosses gegen Aufsteigen der Bodenfeuchtigkeit geschützt werden. Daneben sind unter dem Fussboden entweder lose Packungen anzulegen, deren Hohlräume für Luftwechsel dauernd offen stehen, oder es ist in sonstiger Weise für gute Lüftung des unter dem Fussboden zu belassenden Hohlraumes zu sorgen.

6. Der Rohbau muss reichliche Zeit zum Austrocknen haben.

Die Putzarbeiten und die Tischlerarbeiten sind erst nach völliger Austrocknung in Angriff zu nehmen.

Fussbodenbretter und Holzverschalungen dürfen nicht hart gegen Mauern stossen; besonders ist die unmittelbare Berührung von Hirnholzenden mit Mauerwerk zu scheuen.

Zur Befestigung von Scheuerleisten sollte man nicht eingemauerte Dübel verwenden, die leicht feucht bleiben und schwammbefördernd wirken.

Das Streichen der Fussböden mit Oelfarbe oder das Belegen derselben mit Linoleum muss möglichst lange hinaus geschoben werden.

Aborte und Pissoirs müssen so eingerichtet werden, dass das Eindringen von Flüssigkeiten von denselben aus in Fussböden sicher vermieden wird.

7. Ableitungen, in denen sich Wasser bewegt (Wasserleitungs- und Entwässerungsrohre) müssen mit besonderer Rücksicht auf Dichtigkeit an Stellen, an denen sie nicht frei liegen, oder nicht vor Frost gesichert sind, angelegt werden, damit nicht unbemerkt Infiltrationen entstehen. Grosse Sorgfalt erfordern die Ableitungen; immer verdächtig sind Ueberläufe von Badewannen, wenn diese in Räumen mit hölzernen Fussböden aufgestellt sind.

8. Verunreinigungen des Neubaues durch die Bauarbeiter sind streng zu verbieten und ist mit aller Schärfe auf die Durchführung dieses Verbotes zu achten.

9. Sorge für gut wirkende Lüftungseinrichtungen eines Hauses, besonders bei denjenigen Räumen, welche durch Feuchtigkeit usw. in höherem Maasse durch Schwamm gefährdet sind. —

Die Mittel zur Bekämpfung vorhandenen Hausschwammes fallen theilweise mit den Vorbeugungsmitteln zusammen. Das wichtigste Mittel ist Trockenlegung und dauernde Trocken-Erhaltung der ergriffenen Stellen, möglichst in Verbindung mit reichlicher Belichtung. Die zu ergreifenden Maassregeln hängen

im Einzelnen von den Besonderheiten des Falles ab; gewöhnlich wird Einrichtung von Luftzug unter Benutzung der Ofenheizung, oder von Schornsteinröhren, die besten Dienste leisten.

Wegen der Unsichtbarkeit der Mycelfäden und deren grosser Länge ist es geboten, die Entfernung ergriffener Bautheile nicht auf die erkennbar ergriffenen Theile zu beschränken, sondern darüber um ein Stück — vielleicht 1 m, nach Umständen noch mehr — hinaus zu gehen. Mauerflächen, auf denen Schwamm wuchert, sind in entsprechend grösserer Entfernung abzukratzen und zu reinigen, besonders die Fugen tief auszuräumen. Es empfiehlt sich nach der Reinigung mit einer Gebläseflamme über die Fläche fortzugehen. — Das Füllmaterial von Decken unter vom Schwamm ergriffenen Fussböden ist zu entfernen und durch schwammsicheres — ursprünglich reines, oder durch Glühen sterilisirtes Material — zu ersetzen. Die neue Einfüllung ist gegen Eindringen von Feuchtigkeit durch die Fussbodenfugen zu sichern, was durch Auflegen von Pappe oder einen schützenden Ueberzug aus dichtem Mörtel usw. geschehen kann. —

Besondere Schwammvertilgungs-Mittel, deren eine Anzahl angepriesen werden, sind in der Wirkung nicht unbedingt zuverlässig; nur einzelne derselben versprechen Erfolg, während bei anderen der Erfolg mehr oder weniger unwahrscheinlich ist, auch wohl ganz ausbleibt. Kohlentheer und Lösungen aus Kochsalz und Eisenvitriol wirken als Anstriche nicht sicher, vielleicht weil sie nur ungenügend tief in die Holzmasse eindringen. Mit Antimerulion und Mycothanaton erzielte Hartig bei Versuchen nur ungünstige Ergebnisse, während andererseits auch von Erfolgen berichtet worden ist. Am günstigsten erwies sich bei den Hartig'schen Versuchen Kreosotöl. In einigen Theerpräparaten, die unter der Bezeichnung Karbolineum gehen, bildet das Kreosotöl einen mehr oder weniger grossen Bestandtheil; auch diese Mittel können sich daher als wirksam erweisen. Ebenso ist eine Tränkung mit Petroleum zuweilen von Erfolg.

Bei Tränkung des Holzes mit irgend einer der genannten Flüssigkeiten kommt es auf tiefes Eindringen derselben in die Holzmasse an; diese ist jedoch oft dadurch verhindert, dass das Holz im Inneren noch freies Wasser enthält; in solchen Fällen stellt sich nur ein vorübergehender Erfolg ein und bricht der nur an der Oberfläche vernichtete Hausschwamm später aus dem Inneren des behandelten Stücks von neuem hervor. Auch für infizirte Mauertheile empfiehlt sich ein Anstrich von Kreosotöl. —

Häufig findet eine Verwechselung von Merulius lacrymans mit einem anderen Pilz: Polyporus vaporarius statt, dessen Mycel in seinen Formen grosse Aehnlichkeit mit dem ersteren hat, doch sich von jenem dadurch unterscheidet, dass es beständig rein weiss bleibt, während die Farbe des Mycels von Merulius lacrymans aus dem ursprünglichen Weiss bald in grau übergeht. Auch die Farbenveränderung des befallenen Holzes weicht von der durch Merulius lacrymans bewirkten ab, indem dunkel-rothbraune Färbung desselben entsteht.

Polyporus vap. bildet sich aus Sporen, aber schon an lebenden Bäumen im Walde, und zwar an Kiefern und Fichten; die Sporen sind 0,005 bis 0,006 mm lang und 0,0030 bis 0,0035 mm dick und geben einen scharfen, würzigen Geruch ab. Das Holz nimmt, wie beim Hausschwamm, Risse in allen drei Richtungen an, und zerfällt in würfelartige Theile, die sich mit dem Finger zerreiben lassen. Die Gefährlichkeit von Polyporus vap. ist, vermöge seiner alleinigen Herkunft aus dem Walde, bei weitem nicht so gross, als diejenige von Merulius lacrymans. —

Unter der den Bezeichnungen Rothstreifigkeit oder Trockenfäule ist eine Holzkrankheit bekannt, welche ebenfalls von einem Pilze verursacht wird, und im Walde an geschlagenem Holze entsteht, wenn dieses so gelagert ist, dass es viel Feuchtigkeit aufnimmt. Im Holz bilden sich zwischen den Fasern verlaufende, mehr oder weniger breite, roth-braune Streifen, welche das betr. Stück so sehr schädigen, dass dasselbe nur noch zu untergeordneten Zwecken benutzbar bleibt. Der Pilz kann nur bei Feuchtigkeit gedeihen. Werden derartige Hölzer trocken so hört seine Existenz-Möglichkeit auf; die Krankheit des Holzes wird dann als Trockenfäule bezeichnet, die immer, infolge

Abgabe des Wassers, von starkem Schwinden begleitet ist. Man spricht bei Trockenfäule auch wohl von „Stickigkeit“ des Holzes. Die Rothstreifigkeit kann bei Holz im vorbenannten Zustande weiterschreiten, wenn dieser Zustand die Austrocknung verhindert. Das geschieht z. B. auch, wenn Fussböden usw. den Anstrich aus deckenden (Oel-) Farben oder einen luftdichten Belag zu früh erhalten.

Sonder-Litteratur über Hausschwamm und Trockenfäule: Hartig, der echte Hausschwamm; Berlin 1885. — Göppert, der Hausschwamm, seine Entwickelung und seine Bekämpfung. — Hennings, der Hausschwamm, und die durch ihn und andere Pilze verursachte Zerstörung des Holzes; Berlin 1891. — Gottgetreu, die Hansschwammfrage der Gegenwart; Berlin 1891. — Kern, Hausschwamm und Trockenfäule; Halle 1889. — Keim, die Feuchtigkeit der Wohngebäude, der Mauerfrass und Holzschwamm; Wien.

Bei Holzpflaster in Strassen spielt das Mikrobenleben insofern eine gewisse Rolle, als die durchfeuchteten Köpfe der Pflasterklötze einen sehr günstigen Nährboden bilden; entsprechend sind dieselben der Sitz unzähliger Mengen von Spaltpilzen.

Wenn Deckenfüllmaterial (auch Fehlboden genannt) mit organischen Stoffen verunreinigt ist, wie z. B. Gartenboden, Kohlenklein, Kohlenasche, Bauschutt und Lehm, und wenn dasselbe nicht völlig austrocknet, bevor der Fussboden gelegt wird, bietet es für Entstehung von mikroskopischem Leben einen gut geeigneten Nährboden. Aber auch ursprünglich reines Deckenfüllmaterial, wie Quarzsand und ähnliche Stoffe, können später leicht zu Herden für organisches Leben werden, und zwar schon während der Aufführung des Gebäudes, wenn es nicht streng vermieden wird, dass die Arbeiter im Bau selbst ihr Bedürfniss verrichten und später, nachdem das fertige Haus bereits in Benutzung genommen ist. Denn es ist — nach Untersuchungen, welche Emmerich zuerst 1881 ausgeführt hat, — sicher, dass durch undichte Fugen von Holzfussboden beim Verspritzen von Wasser beim nassen Reinigen, mit Sputa und auf sonstige Weise dem Deckenfüllmaterial nach und nach sehr bedeutende Mengen von Schmutzstoffen zugeführt werden können, die der Zersetzung verfallen, und dadurch einen sehr geeigneten Nährboden für mikroskopisches Leben abgeben. Es muss mit der Gefahr gerechnet werden, dass darunter auch krankmachende Keime — wobei namentlich an den Erreger der Tuberkulose zu denken ist — sich befinden, und dass diese mit Staub gelegentlich wieder in die Luft des betreffenden Raumes geführt werden können. Hierin ist die besondere Bedeutung begründet, die ein dichter, möglichst wasserundurchlässiger Fussboden für die Gesundheit der Bewohnerschaft eines Hauses besitzt.

9. Besondere Schädigungs-Ursachen einzelner Materialien.

Ausser den durch Wärme und Feuchtigkeit hervorgebrachten Schädigungen werden einige Materialien durch anderweite physikalische oder chemische Faktoren angegriffen.

Hierhin gehören zunächst Sauerstoff und Kohlensäure, die in Luft und Wasser enthalten sind; gegen beide sind Metalle empfindlich, indem an deren Oberfläche eine Oxydschicht gebildet wird, die z. B. bei Eisen zerfällt (sogen. Rost). Bei anderen Metallen bildet dagegen die Oxydschicht eine schützende Decke, die, nachdem eine gewisse Dicke derselben erreicht ist, der weitergehenden Bildung von Oxyd Einhalt thut; hierher gehören z. B. Zink, Blei und Kupfer. Eisenoxyd und Zinkoxyd sind im gesundheitlichen Sinne, wenn sie nicht in grösseren Mengen in den Verdauungsgang des Menschen aufgenommen werden, gesundheitsunschädlich; dagegen ist Bleioxyd hochgefährlich, auch eine Grenze für die Menge, bei deren Ueberschreitung schädliche Wirkungen eintreten, nicht zu ziehen, weil es wahrscheinlich ist, dass Blei in den Gefässen des Körpers abgelagert wird, und sich daher bis zur Erreichung des Schädlichkeitsgrades in denselben ansammeln kann. Die Rostschicht, welche sich an der freien Luft auf Kupfer bildet und grün-blaue Farbe hat, wird Grünspan genannt und besteht aus Kupferoxyd, Wasser und Kohlensäure, d. h. ist basisch kohlen-

saures Kupfer. Dieser Grünspan darf aber hinsichtlich seiner Gesundheitsschädlichkeit nicht mit dem gleichfalls als Grünspan bezeichneten basisch essigsauren Kupfer, das sich bei Berührung von Essig mit Kupfer bildet, und als Farbmittel benutzt wird, verglichen werden, da dieser Grünspan hochgiftig ist. — In jedem Falle ist jedoch das Regenwasser, das von Bleidächern abfliesst, von irgend welchem Gebrauch auszuschliessen und das von Kupfer-, Zink- und Eisenblechdächern gesammelte Wasser nur mit Vorsicht zu benutzen. — Wasser, das grössere Mengen von Eisen in Lösung enthält, vernichtet Pflanzenwuchs. — Die bekannte Bleilösefähigkeit mancher Wasser scheint ganz überwiegend auf einen Gehalt des Wassers an freiem Sauerstoff, und freier sowie halb gebundener Kohlensäure zu beruhen. Diese Eigenschaft kann in manchen Fällen dadurch beseitigt werden, dass Eintritt von Luft (Sauerstoff) in die Leitungen streng ausgeschlossen wird. Die dann bald entstehende Bleioxydschicht bildet ein mechanisch wirkendes Schutzmittel gegen das Fortgehen der Bleiauflösung.

Noch stärker als durch Sauerstoff und Kohlensäure in Luft und Wasser werden Metalle durch die in Luft über bewohnten Orten enthaltene, aus den Rauchrohren und Schornsteinen der Feuerungen stammende schweflige Säure, und in Fabrikstädten durch noch andere giftige Gase, die in die Luft gelangen, angegriffen. Die grosse Verwandtschaft des Eisens zum Schwefel zeigt sich sofort da, wo Schwefel und Eisen unmittelbar zusammentreten; es findet alsbald heftige Zerstörung des Eisens statt; verstärktes Rosten erleidet Eisen auch in Wasser, das Schwefelwasserstoff enthält. Aehnlich empfindlich wie Eisen ist Zink gegen Schwefel und Schwefelverbindungen. Zink erleidet zuweilen auch Schäden durch die Alkalien von Mörtel, sowie durch Auslaugungen von frischem Holz. So entstandene Schäden treten aber in der Form von mehr oder weniger grossen Löchern in die Erscheinung. Aehnlich wie Zink verhält sich Blei gegen Mörtel. Blei in Berührung mit hydraulischem Mörtel oder Zement wird rasch in Bleioxyd verwandelt; dass dies auch erfolgt, wenn Blei in Berührung mit gewöhnlichem Luft- (Kalk-) Mörtel tritt, ist nicht ausgeschlossen. Deshalb ist Isolirung von Blei gegen Mörtel durch eine Zwischenlage Papier immer zu empfehlen.

Ob und inwieweit Bausteine, Mörtel oder andere Materialien durch mineralische Säuren oder Ammoniak angegriffen werden, ermittelt man, indem man Stücke davon während einer längeren Anzahl von Stunden in konzentrirten Lösungen von Säuren usw. eintaucht, bezw. auch dieselben den Dämpfen der Säuren unter Luftabschluss aussetzt. Der dabei stattfindende Gewichtsverlust ergiebt das Maass des erlittenen Angriffs.

Dachpappe giebt an die Luft nach und nach ihre öligen Bestandtheile ab und ebenso findet Auslaugung derselben durch Wasser statt; durch Sonnenbestrahlung erleidet die Pappe Flächenausdehnungen und Verschiebungen; alle diese Faktoren wirken zusammen, um die Pappe brüchig zu machen. Von Pappedächern abfliessendes Regenwasser ist durch seinen Gehalt an ausgelaugten Stoffen ungebrauchsfähig.

Staubablagerungen und Moosbildungen auf Bausteinen wirken hemmend auf die Austrocknung und dienen niederem mikroskopischen Leben zur Ansiedlung. Durch beides wird die allmähliche Zerstörung des Steins befördert.

Das sogen. Absäuern von Mauerflächen (auch von Putzflächen) mit schwachen ($1/2$ bis höchstens 1 prozentigen) Lösungen von Salzsäure bewirkt leicht Angriff der Mauerflächen; es ist daher nöthig, dass unmittelbar nach dem Absäuern reichliches Abspülen mit reinem Wasser folgt, um Reste der Säure, nachdem sie ihre Wirkung: pflanzlichen Anwuchs und Ausschläge fortzunehmen, gethan hat, zu beseitigen. Schwefelsäure und Essigsäure, die ebenfalls beim Absäuren benutzt werden, dürfen nicht tief eindringen, weil sie mit dem Mörtel bezw. schwefelsauren und essigsauren Kalk bilden, der zerfällt. Manche Ziegel werden durch das Absäuern schmutzig verfärbt; Sandstein, auch granitisches Gestein verträgt Absäurungen häufig gar nicht.

Eine höchst wirksame Ursache der Zerstörung von Natursteinen und hydraulischen Mörteln ist der Kohlensäuregehalt in Luft und Wasser. Insbesondere werden Kalksteine und Zementmörtel von der Kohlensäure an-

gegriffen. Nun ist nahe über Bodenoberfläche die Kohlensäure in der Luft reichlicher vertreten als in höheren Schichten, und da dort auch der höhere Gehalt der Luft an Feuchtigkeit mitspricht, so gehen Gebäudesockel aus Kalkstein leicht rascher Zerstörung entgegen, wenn auch grosse Unterschiede in dem Fortgange der Zerstörung stattfinden. Wie durch Kohlensäure werden Kalk- (und andere Natur-)steine auch durch Humussäuren angegriffen. — Den Angriff von Zementmörtel, zuweilen auch von Trassmörtel durch Kohlensäure erklärt man sich so, dass in diesen Mörteln vorhandenes freies Kalkhydrat mit der Kohlensäure Verbindungen zu einfach- sowohl als doppeltkohlensaurem Kalk eingeht: Ersterer fällt in Wasser aus; letzterer wird darin gelöst. Schutz ist in mechanischer Weise durch Anstriche, aber auch dadurch zu schaffen, dass die Oberfläche von Zementputz möglichst dicht hergestellt wird, um das Eindringen der Kohlensäure in die Masse zu erschweren oder ganz zu verhindern.

Wie an mehreren Metallen, so richtet die schweflige Säure der Luft leicht auch grössere Zerstörungen an Bausteinen, besonders an Kalk- und Sandsteinen an, bei ersteren aber leichter als bei letzteren.

Schiefer enthält vielfach Antheile von kohlensaurem Kalk, Schwefelkies und organischen Stoffen. Erstere werden durch Kohlensäure aus Luft und Meteorwasser angegriffen, und Schwefelkies wird durch den Luftsauerstoff in Schwefelsäure und wasserlösliche Verbindungen mit Thonerde und Eisenoxydul übergeführt. Organische Stoffe gehen durch Verwitterung zu Grunde. Schiefer ist um so weniger angreifbar, je höher sein Antheil an gebundener Kieselsäure liegt, der 50—80% betragen muss.

Die gewöhnliche Verwitterung stellt sich rasch bei feldspath- und glimmerreichen Gesteinen ein. Einigen Schutz dagegen gewährt Verdichtung der Oberfläche durch Schleifen und Poliren.

Bei Gipsmörtel scheint langsame Zerstörung oft durch Wiederaufnahme von Feuchtigkeit aus der Luft stattzufinden, wodurch der Mörtel wieder in den Zustand, den der Gips vor dem Brennen besass, zurückgeführt wird. Daneben laufen beträchtliche Volumenvermehrungen her, die eine weitere Ursache der Zerstörung bilden.

Wegen einer auf biologischen Ursachen beruhenden Zerstörung von Ziegelsteinen ist auf das, was unter 8 (Seite 823) voraufgeschickt wurde, zu verweisen. Neben derselben kommen Zerstörungen durch chemische Einflüsse vor. Ziegelthon enthält vielfach Schwefelverbindungen, die durch das sogen. Auswintern des Thons, oder auch durch Besonderheiten des Brennvorganges, die man beherrscht, (oxydirende Feuerung) bezw. durch chemische Zusätze unschädlich gemacht werden können. Es können bei Steinkohlenfeuerung auch in den ursprünglich schwefelfreien Thon Schwefelverbindungen hinein gelangen. Immer ist ein Schwefelgehalt der Ziegel ein schwerer Uebelstand. Denn die Steine halten Feuchtigkeit lange fest und zeigen häufig Ausblühungen von Kristallen (Glaubersalz), die zwar in längerer Zeit verschwinden, bis dahin aber durch häufig wiederkehrendes Ein- und Auswandern der bald flüssigen, bald festen Form der betr. Stoffe in die Masse des Steins, das Gefüge stark lockern können. Ganz ähnliche Schäden bringen Antheile von Chlorcalcium, Chlormagnesium, Chlornatrium hervor: Stoffe, die der Thon gleichfalls ursprünglich enthalten kann, (wie z. B. in Marschen) die aber auch mit dem Mörtel, wenn derselbe mit Meerwasser oder Brackwasser angemacht wird, hineingelangen. Nur das Aussehen der Ziegel nimmt durch Austreten von Alkalien, die aus dem Mörtel herrühren, an den Kanten der Steine, Schaden und besonders ist dies bei Zementmörtel zu fürchten.

Hohlkörper aus gebranntem Thon müssen dagegen geschützt werden, dass sich der Hohlraum mit Wasser füllt, da dieses gefrieren und den Körper dabei sprengen kann. — Eine bei der Zerstörung von glasirten Ziegeln oft wirksame Ursache ist die, dass von der Rückseite Wasser aufgenommen wird, bezw. in dem Stein von vorn herein in grösserer Menge verbleibt; durch solches Wasser kann die Glasur abgesprengt werden. Zuweilen geht die Glasur auch dadurch zu Grunde, dass die Wärmeausdehnnungen der Ziegelsteinmasse und der Glasur zu weit von einander abweichen.

Zementmörtel wird durch die stärkeren mineralischen Säuren, als Schwefel-, Salz- und Salpetersäure, sowie durch Ammoniak, auch durch organische Säuren, wie Oelsäure, Gerbsäure, saures Bier usw. angegriffen. (Ueber Angriff durch Kohlensäure s. weiter oben). Schwefelsaure Magnesia und Chlormagnesium wirken dadurch zerstörend auf Zement ein, dass sie mit freiem Kalkhydrat Chlorcalcium und schwefelsauren Kalk bilden, welche beiden Körper im Wasser gelöst werden.

Kalk- (Luft-) Mörtel bildet mit Essigsäure und Schwefelsäure im Wasser zerfliessenden essigsauren Kalk bezw. den gleichfalls nassen und lösslichen schwefelsauren Kalk.

Bleiweiss-Anstriche färben sich unter Einwirkung selbst geringer Mengen von Schwefelwasserstoff grau und grauschwarz.

10. Abnutzung; Verstauben; Eigenklang; Standsicherheit; Feuersicherheit einiger Materialien von besonderer Bedeutung.

Abnutzung heisst in dem vorliegenden Zusammenhange Auflösung der Aussenfläche in Faser-, Korn- oder Staubform, sei es durch mechanische, physikalische oder chemische Einwirkung. So aufgefasst, handelt es sich nicht nur um unmittelbare Abnutzung z. B. von Fussboden-Materialien durch Begehen, sondern auch um mittelbare durch Lockerung der Oberfläche durch Säuren, und dadurch herbeigeführte Auflösung derselben, sowie um Auflösung z. B. von Wand- und Deckenanstrichen in Staubform.

Während für die Prüfung von Materialien auf Festigkeit längst bestimmte Normen sich eingebürgert haben, nach welchen man das spätere Verhalten des betreffenden Materials einigermaassen sicher beurtheilen kann, entbehren Prüfungen auf Abnutzung noch der allgemeinen Anerkennung und Zuverlässigkeit. Dieselben werden so ausgeführt, dass man das betreffende Material einem Schleifprozess auf einer rotirenden Metallscheibe unterwirft, indem man auf dasselbe einen bestimmten Druck für die Flächeneinheit ausübt, eine bestimmte Menge Schmirgel von bekannter Beschaffenheit als Schleifmittel benutzt, und die Scheibe gegen das Stück eine bestimmte Wegeslänge machen lässt. Hierbei erfolgt ein Gewichtsverlust des Stückes, den man als Maass der Abnutzung des betreffenden Materials auffasst.

Da in der Abnutzung beim Begehen von Material die vereinigte Wirkung von Reibung und Stoss zum Ausdruck kommt, kann die Schleifprobe eine genaue Werthziffer nicht liefern; es treten aber auch noch andere Faktoren hinzu, die das unthunlich machen.

Besonders starke Abnutzung erleiden Stein-Pflasterungen in Strassen; dieselbe wächst mit der Zunahme in stärkerem als dem einfachen Verhältniss, weil die Abnutzung nicht gleichmässig auf der ganzen Kopffläche der einzelnen Steine erfolgt, sondern nach den Rändern hin stärker ist, und hierdurch Vergrösserung der Stosswirkung stattfindet. Um letztere etwas einzugrenzen, verringert man die Kopffläche der Steine und zwar um so mehr je härter der betreffende Stein ist, weil die Erfahrung zeigt. dass je härter das Gestein, um so stärker sich die Kopfflächen der Pflastersteine unter dem übergehenden Verkehr runden. Aus der Art, wie die Abnutzung bei Pflaster sich vollzieht, muss geschlossen werden, dass dieselbe umso geringer sein wird, je ebener die Pflasterfläche ist, dass also mit dem Ebenheitszustande des Pflasters die Härte des Materials abnehmen darf, ohne dass die Abnutzung grösser wird als bei dem rauheren, dabei aber härteren Material.

Was für Strassenpflasterungen gilt, hat unmittelbare Geltung für alle Arten von Fussböden (Pflasterungen, Fliesen, Estriche, Holzfussböden), abgesehen nur von der Thatsache, dass bei der Abnutzung nicht allein die Härte — d. h. der Zusammenhang der kleinsten Theile eines Materials — sondern auch Lage und Form dieser Theile, d. i. die Struktur, eine Rolle spielt. Ein Dielenfussboden, der nur in der Längsrichtung der Holzfasern begangen wird, nutzt anders ab als ein ebensolcher, dessen Fasern quer zur Richtung des Verkehrs liegen, und dieser wieder anders als eine Holzpflasterung, in welcher nur Hirnholz betreten wird.

Indem Staub die Gesundheit in mehrfacher Richtung schädigt, und zwar indem er: a. die Athmungsorgane verunreinigt, b. eckige oder scharfe Körner Ein-

risse oder ähnliche Beschädigungen der Schleimhäute bewirken können, c. Staub der Träger von Spaltpilzen sein kann und d. derselbe den allgemeinen Reinlichkeitszustand des Hauses und des Körpers herabsetzt, ist es von Wichtigkeit, im und beim Hause nur Materialien zu verwenden, welche möglichst geringe Abnutzung aufweisen.

Durch den Eigenklang der Materialien ist die sogen. Hellhörigkeit, d. h. die Fortpflanzung von Geräuschen und Tönen durch ein Material, eine Wand, Decke usw. bedingt. Geringe Hellhörigkeit eines Hauses trägt zum Wohlbefinden der Bewohnerschaft bei, und ist von besonderer Wichtigkeit in Krankheitsfällen, sowie für Personen, welche behufs angestrengter geistiger Thätigkeit Fernhaltung von Ruhestörungen bedürfen. Im allgemeinen gilt, dass mit der Dicke der Schicht die Schallübertragung abnimmt, dagegen mit der Dichtigkeit derselben zunimmt; doch spielen dabei auch andere Ursachen, wie z. B. Besonderheiten der Struktur eine grosse Rolle. Bisher liegen hierzu aber erst sehr wenige Beobachtungen vor, so dass man für die Gewinnung eines Urtheils fast nur auf die unmittelbare Beobachtung angewiesen ist.

Standsicherheit der Person ist bei allen Materialien wichtig, die betreten werden. Möglichst soll sie bei beiden Zuständen: Trockenheit und Nässe, nebst den Zwischenzuständen bestehen; doch wird dies nur selten angetroffen, da das eine Material beim trockenen, das andere beim nassen und das dritte bei einem Zwischenzustande die grössere Standsicherheit gewährt. Am wichtigsten ist dieselbe an Stellen, wo, wie z. B. auf Treppen, die mit der Standunsicherheit verbundenen Gefahren erheblich vergrösserte sind. Das Maass der Standsicherheit ist durch den Rauheitszustand der Fläche bestimmt, mit dem es wächst und umgekehrt. Da aber Rauheit die Abnutzung vermehrt und Bewegungen erschwert, ist mit Bezug auf Standsicherheit dasjenige Material im Vorzuge, in welchem mit geringster Rauheit die grösste Standsicherheit verbunden ist.

Da wo geringe Abnutzung, geringer Eigenklang, grösste Standsicherheit bei möglichster Erleichterung der Fortbewegung, mit Wasserdichtheit zusammentreffen, hat man es mit einem Fussbodenmaterial bezw. einer Fussbodenkonstruktion der höchsten Eignung für den Zweck zu thun.

In erster Linie stehen Fliesen aus gebranntem Thon, auch sogen. Thonplatten und kleine würfelartige Thonkörper; die Güte dieser Erzeugnisse wechselt aber in sehr weiten Grenzen. Die der gewöhnlichen Ziegelwaare am nächsten stehenden Thonplatten nehmen die unterste Stufe ein. Fliesen kommen glasirt und unglasirt, mit matter und glänzender, mit ebener Oberfläche und mit Relief, farbig, gemustert und ungemustert vor. Fliesen sind säurefest, im praktischen Sinne auch wasserundurchlässig, doch etwas kalt, häufig in der Form wenig genau und von hohem Eigenklang. Die Farben sollten, zur leichteren Erkennung von Staub und Schmutz, wenigstens nicht dunkel und farbige Musterung so beschaffen sein, dass sie nicht den Eindruck der Körperlichkeit hervorruft, einerlei, ob Verwendung zu Fussbodenbelag oder Wandbekleidung stattfindet. Die scharf gebrannten Fliesen nutzen wenig ab, werden aber leicht glatt. Um Standsicherheit zu bewahren, werden oft Einkerbungen oder Riffelungen, oder Brechen der Kanten, oder Reliefmuster angewendet, oder es wird die Oberfläche mosaikartig mit leichten Kerbungen zwischen den kleinen Flächentheilen hergestellt. Alle diese Hülfsmittel sind vom Uebel, da die Kerbungen Gelegenheit zum Eindringen von Staub und Schmutz geben, deren Entfernung sehr schwierig ist. Deshalb sollten Fliesen mit Relief niemals im Inneren von Gebäuden, sondern höchstens zu Pflasterungen im Freien, wo der Witterungswechsel erhöhte Anforderungen an die Standsicherheit stellt, verwendet werden. — Um Wasserdichtheit eines Fussboden-Fliesenbelages zu erzielen, muss zur Herstellung wasserdichter Mörtel benutzt werden: Mörtel aus Zement oder hydraulischem Kalk. Zuweilen dringen aber die Alkalien des Zementmörtels von den Fugen aus in die Masse der Fliesen ein und bilden an der Oberfläche schmutzig gefärbte Ränder.

Zu Wandbekleidungen werden vielfach auch glasirte Kacheln verwendet, die aber bei ihrer leichten Aufnahme von Wasser von der Rückseite her in

feuchten Räumen unverwendbar sind. Zu Verkleidungen von Kochherden benutzt, geben die Kacheln viel Wärme in der Form von Strahlungswärme ab.

Fliesen und Platten aus Naturstein werden aus Marmor, Schiefer, Kalkstein und Sandstein hergestellt. Die Sandsteinplatten sind die geringwerthigsten; die anderen drei genannten Fliesenarten stehen unter sich, was Wasseraufnahme betrifft, etwa gleich, ebenso inbezug auf Abnutzung und Glätte. An Säurebeständigkeit stehen alle diese Fliesenarten den besseren Fliesen aus gebranntem Thon nach, insbesondere, wenn sie nicht homogen in der Masse sind, sondern aderartige Einlagerungen von leicht zerstörbaren Stoffen vorkommen. Die rein weissen Marmorfliesen stehen mitbezug auf Dauer und erleichterte Reinlichkeitspflege obenan; demnächst folgen die hellfarbigen Kalksteinfliesen aus dem sogen. Solnhofener Stein, alsdann die schwarzen Marmorfliesen und zuletzt die Fliesen aus Schiefergestein. Der Eigenklang ist bei allen natürlichen Fliesen geringer als bei den mehr als klinkerharten Thonfliesen, auch die Form genauer als bei letzteren. Ausser zu Fussböden dienen Fliesen aus natürlichem Stein zu Wandbekleidungen, zu Fuss- oder Scheuerleisten; für letzteren Zweck sind sie bei anderen als hölzernen Fussböden sehr zu empfehlen.

Platten aus Zementmörtel, die in den feineren Gattungen ebenfalls „Fliesen“ genannt werden, kommen, was Güte betrifft, in den allerweitesten Abstufungen vor: als Platten grösseren Formates, zur Befestigung von Gehwegen usw., in roher Herstellung, und als gemusterte Platten von geringer Grösse, in ebenso feiner Ausführung wie die feineren Fliesen aus gebranntem Thon. Immer gilt, dass bei der sehr geringen Festigkeit des Zementmörtels die Platten einer festen und unwandelbaren Unterstützung bedürfen, um nicht leicht zu brechen; letzterer Gefahr wegen empfehlen sich auch Beschränkungen in der Grösse der Platten. Plattengrössen von 60 zu 60 ^{cm}, welche vereinzelt vorkommen, sind entschieden zu verwerfen; für Platten, die in Innenräumen zu Fussböden benutzt werden sollen, ist Beschränkung auf die Grösse von 25 zu 25 ^{cm} Seite und weniger zu empfehlen. Relief sollte auf Zementfliesen, schon weil sie die Abnutzung vermehrt, niemals angebracht werden. Letztere ist auch sonst grösser als bei Thonfliesen; Beständigkeit gegen Säuren fehlt, dagegen ist der Eigenklang gering und die Standsicherheit im allgemeinen gut, doch mit Ausnahmen.

Die schmutzig-graue oder -gelbe Färbung des Zementpulvers lässt sich durch Zusätze von Marmorstaub zum Mörtel nur wenig heller machen und, da Saftfarben zu Musterungen von den Alkalien des Zements zerstört werden, so sind Zementplatten und -Fliesen, einerlei, ob sie Naturton besitzen, oder Färbung, oder Musterung erhalten, immer von dunkler Farbe, was der Reinlichkeitspflege abträglich ist. Eine Verbesserung derselben wird bei den feineren Zementfliesen durch Tränkung der Oberfläche — so weit bekannt mit Paraffin — erzielt; es wird dadurch aber die Standsicherheit etwas vermindert.

Vielfache Verwendung finden in neuerer Zeit Treppenstufen aus Zementbeton; der besondere Grund dafür ist die hohe Feuersicherheit derselben. Es stellt sich bei ihnen oft eine unzulässig hohe Glätte ein; sonst gilt sinngemäss für solche Stufen alles das, was für Platten und Fliesen aus Zementmörtel angeführt worden ist.

Terrazzoplatten sind Platten aus Zementmörtel mit Einbettung aus kleingeschlagenen, harten Natursteinen; die Oberfläche der Platten wird geschliffen. Sie dienen zu Fussbodenbelägen im Inneren von Gebäuden und im Freien. Durch die Einlagerungen wird die Abnutzung verringert und die Standsicherheit erhöht, durch das Schleifen die Oberfläche etwas verdichtet. Im übrigen stehen die Terrazzoplatten in allen ihren Eigenschaften den besten Leistungen auf dem Gebiete der Herstellung von Zementfliesen mindestens gleich.

Asphaltplatten, die unter sehr hoher Pressung aus Stampfasphalt hergestellt werden, dienen zu Belägen im Freien an Stellen, wo durch Raumenge die gute Herstellung eines Asphaltestrichs ausgeschlossen oder erschwert ist; gewiss sind Asphaltplatten auch zu Belägen im Inneren von Gebäuden vorzüglich geeignet. Ihre Vorzüge sind minimalste Abnutzung, Wasserundurchlässigkeit, Unangreifbarkeit durch Säuren, Standsicherheit, geringer Eigenklang. Als

Mangel kommt nur die schmutzig graue Färbung in Betracht, welche die Reinhaltung erschwert.

Xylolith- (Steinholz-) Platten werden gleichfalls unter hoher Pressung aus Sägemehl, gemahlener Magnesia, basischem Chlormagnesium und Wasser hergestellt. Das Porenvolumen wird zu nur 6% angegeben. Zu Fussbodenbelägen benutzt, zeigen Xylolithplatten geringe Abnutzung und geringen Eigenklang bei grosser Standsicherheit, und mässige Wärmeleitung; vielleicht sind dieselben mitbezug auf die Eigenschaft des Werfens nicht ganz zuverlässig.

Wenn auch alle aus Platten von scharfer Form hergestellten Fussbodenbeläge nur geringe Fugenflächen besitzen, und wenn durch die Zerlegung des Fussbodens in ebenso viele Theile als Platten verlegt werden, gegenüber den ungetheilten Estrichen auch der Vortheil entsteht, dass bauliche Aenderungen, Reparaturen usw. erleichtert sind, dass ferner die Standsicherheit um ein Geringes erhöht wird, so ist die Fugenlosigkeit des Estrichs, die Ungetheiltheit der ganzen Fläche mitbezug auf Eindringen von Wasser und Schmutz, sowie im Sinne der Reinlichkeitspflege immer im Vortheil.

Nur geringe Beschaffenheit weist der Gipsestrich auf. Derselbe wird auf wandelbarer Unterlage leicht brüchig, nutzt stark ab, nimmt viel Wasser auf und ist kalt. Dagegen ist er für Luft fast undurchlässig und leistet grossen Widerstand gegen die Weiterverbreitung eines Schadenfeuers. Er eignet sich daher besonders in Dachräumen, dagegen ist er ungebrauchsfähig in Kellerräumen. Die Eigenschaft der Feuersicherheit empfiehlt Gips in der Form von Dielen auch als Material für Zwischendecken, worüber weiterhin Näheres folgt.

Zementestrich bedarf, wie Gipsestrich, vollständiger Unwandelbarkeit der Unterlage und steht letzterem auch inbezug auf Feuerschutz gleich. Abnutzung und Wasseraufnahme sind wie bei Zementplatten mittlerer Beschaffenheit; sonst stimmt guter Zementestrich mit Zementplatten von guter Beschaffenheit überein.

Terrazzo, der aus Mörtel aus hydraulischem Kalk mit Einlagen aus klein geschlagenen Natursteinen so hergestellt wird, dass der Estrich mit schweren Eisen verdichtet, bezw. geglättet wird und dann eine Tränkung mit Wachs usw. erhält, nutzt, wenn das eingelagerte Gestein nur die nöthige Härte besitzt, wenig ab, hat auch geringen Eigenklang, ist im praktischen Sinne wasserdicht, aber bei seiner grossen Glätte sehr wenig standsicher; andererseits erleichtert dieselbe die Reinhaltung wesentlich. Damit Brüche unterbleiben muss die Unterlage wenigstens einigermaassen unwandelbar sein.

Zu Asphaltestrich dient überwiegend der Gussasphalt, der zum Schmelzen auf sehr hohe Temperatur gebracht werden muss, und einen Zusatz von Kies erhält. Das Schmelzen erschwert die Herstellung und kann, wenn es im Inneren von Gebäuden ausgeführt wird, auch Feuersgefahr mit sich bringen. Andererseits leistet Asphaltestrich gegen Ausbreitung eines Schadenfeuers kräftigen Widerstand, trotzdem er sich in der Wärme stark ausdehnt und dabei Verschiebungen erleidet, bezw. aufbläht; an senkrechten oder stark geneigten Flächen lässt sich Asphalt kaum anbringen. An die Beschaffenheit der Unterlage sind etwa dieselben Anforderungen zu stellen wie bei Terrazzo; es darf aber an dieselbe von unten aus keine Feuchtigkeit herantreten, und es muss die Unterlage auch beim Auftragen des Asphaltes gänzlich trocken sein, weil sonst unter der Schicht Dampf gebildet wird, der das Haften an der Unterlage verhindert. Beständigkeit gegen Säuren, Wasserundurchlässigkeit, Klanglosigkeit, Standsicherheit, geringste Abnutzung sind Eigenschaften, bei welchen der Asphaltestrich die anderen Estrichsorten übertrifft, doch nur Estrich aus natürlichem Asphalt, während die vielfach vorkommenden Surrogate, die aus geringen Mengen von Bitumen und Theerpräparaten bestehen, nur viel Geringeres leisten. Die schmutzig grau-schwarze Färbung und eine besondere Beschaffenheit der an der Oberfläche ausgehenden Poren erschweren aber die Reinhaltung, die mit Wasser allein nicht wirksam genug ausgeführt werden kann.

Lehmestrich ist der geringste unter allen Estricharten, da er Schmutz eindringen lässt, stark abnützt, nicht rein gehalten werden kann und in ganz trockener Lage auch brüchig wird. In etwas feuchter Lage hat er jedoch eine ziemlich lange Lebensdauer und man kann dieselbe dadurch wesentlich vergrössern, dass man in die Oberfläche Eisenfeilspähne einstreut, und übrigens die Fläche vor dem Trocknen mit Thierblut übergiesst. Eignung nur für Wohnungen niedersten Ranges, in Keller- und Erdgeschossen; immer ist Lehmestrich ein äusserst günstiger Nährboden für mikroskopisches Leben, daher in besonderem Maasse für Ausbreitung ansteckender Krankheiten geeignet.

Ein Fussbodenmaterial von hervorragendster Bedeutung ist Linoleum, ein in der Form von Bahnen aus Korkmehl und Linoxyn (oxydirtem Leinöl) auf einer Unterlage aus grobem Gewebe durch Auswalzen unter hohem Druck hergestellter Belag bis 5 mm Stärke, der sowohl einfarbig, wie in der Masse durch Einlagen gefärbt, endlich auch mit aufgedruckten Farbenmustern in den Verkehr gelangt. Wenn Linoleum nicht frisch, sondern erst im Alter von einigen Monaten, verlegt wird, ist dasselbe nur in geringstem Grade abnutzungsfähig, wird nicht brüchig, ist wasserdicht und wahrscheinlich auch für Luft fast undurchlässig und ohne Eigenklang, trotz glatter Beschaffenheit der Fläche standsicher und sehr leicht reinigungsfähig. Bei der Grösse, welche die Bahnen haben, ist die Fugenfläche äusserst gering. Verlegung kann auf Holzunterlage, Zement- oder Gipsestrich stattfinden, und Befestigung auf der Unterlage wird mit dem gewöhnlichen Kleister ausgeführt. Im ersteren Falle ist aber Vorsicht nothwendig, weil bei Holzunterlage die Ausdünstung nach oben hin abgeschnitten ist. Es müssen daher Fussboden und Decke vollkommen ausgetrocknet sein bevor die Belegung mit Linoleum stattfindet, wenn die leicht eintretende Gefahr der Entstehung von Hausschwamm vermieden werden soll. Grosse Trockenheit der Unterlage ist ebenfalls nothwendig, wenn Verlegung auf Zement- oder Gipsestrich geschieht. Ist der Gips- oder Zementestrich feucht so versagt das Klebemittel und es treten an dem Linoleum Zerstörungen an der Unterseite auf, deren Ursachen noch nicht genau aufgeklärt sind. Damit ein Bodenbelag nicht bricht, muss die Unterlage völlig eben sein, darf namentlich keine Erhöhungen oder Höcker zeigen. Wo dieser Zustand nicht zu erreichen ist kann man ihn durch Zwischenlagen von weichem Papier einigermaassen herstellen und dann anstatt Aufklebens Aufnagelung ausführen. Auf Fliesenunterlage dürfte bei den nicht zu vermeidenden kleinen Unebenheiten ein Linoleumbelag nicht ganz haltbar und deshalb unzweckmässig sein. Im Freien ist Linoleumbelag nicht verwendbar, weil er grössere Temperaturwechsel nicht aushält, sondern bei solchen beulig und brüchig wird.

Linkrusta ist nach Material und Herstellungsweise dasselbe was Linoleum ist, und unterscheidet sich von diesem nur durch Flachreliefmusterung auf der Oberfläche; es wird daher nicht als Fussbodenbelag, sondern zu Wandbekleidungen benutzt uud leistet hier, zumal Farbenanstrich darauf sehr gut haltbar ist, vorzügliche Dienste, wenngleich das Relief Staubablagerung begünstigt und die Reinhaltung etwas erschwert. Hinsichtlich der Vorsichtsmaassregeln, die bei der Unterlage zu beachten sind, gilt alles das, was bei Linoleum angeführt worden ist.

Zu geringeren Befestigungen von Gehwegen im Freien, in Durchfahrten, auf Höfen usw. begnügt man sich oft mit Abpflasterungen aus gewöhnlichen Ziegeln, aus unbearbeiteten oder auch aus geschlagenen Natursteinen, aus Holz, oder mit Belegung aus Naturstein- oder Zementplatten. Gewöhnliches Ziegelpflaster ist, auch wenn es in Mörtel verlegt wird, sehr minderwerthig, weil es stark abnutzt und viel Wasser durchlässt, namentlich auch bei Frost leicht Zerstörungen erleidet; günstig ist es mit Bezug auf geringen Klang. — Rohes Naturgestein giebt ein Pflaster von nur sehr mangelhafter Beschaffenheit, das durch weite offene Fugen Wasser und Schmutz in den Grund eindringen und auch wieder austreten lässt. Hiergegen kann man allerdings durch Vergiessen der Fugen mit hydraulischem Mörtel oder Mischungen aus Theer und Pech Einiges thun. Abnutzung und Standsicherheit sind gering; der Klang ist stark und Erhaltung der Reinlichkeit sehr schwierig.

Ob Pflasterungen aus geschlagenen Natursteinen im Vorzuge von solchen aus runden Steinen sind, hängt von dem Grade der Bearbeitung ab, die jene erfahren haben. Blos grob geschlagene und ohne weitere Bearbeitung versetzte Steine geben ein Pflaster, das in jeder Hinsicht mit dem Pflaster aus unbearbeiteten Steinen übereinstimmt. Wenn aber Sortirung nach der Grösse und Versetzung im Pflaster in der Weise hinzutritt, dass flächenweise Steine etwa übereinstimmender Grösse zusammengebracht werden, erhält man ein besseres, namentlich auch weniger geräuschvolles und dichteres Pflaster. Für Gehwegs-Befestigung wird diese Pflasterung unter dem Namen Mosaikpflaster mit kleinen, einigermaassen regelmässig geformten Steinstücken vielfach ausgeführt. Dies Pflaster hat grosse Standsicherheit, trocknet nach Regenfällen leicht, ist beim Begehen etwas elastisch, auch fast geräuschlos und besitzt für Fussweg-Pflasterungen, wenn unter denselben im Strassengrunde Leitungen für Gas, Wasser usw. eingelegt werden, den wesentlichen Vortheil, dass etwa ausgeströmtes Leuchtgas leicht einen Ausweg in die freie Atmosphäre findet, daher vielleicht eher diesen Weg als den anderen in die anstossenden Häuser nimmt. Ganz gleichartig verhält es sich bei Undichtheiten von Wasserrohren oder Brüchen derselben; doch ist es nicht gerathen, im Vertrauen hierauf grössere Wasserleitungen unter den Gehwegen der Strassen nahe an der Gebäudeflucht zu verlegen. Aber mit Rücksicht auf Gasausströmungen wird in manchen Städten die Mosaikpflasterung der Gehwege, wenigstens eines Streifens von gewisser Breite, polizeilich verlangt, wenn im übrigen dichte Befestigung des Gehweges stattfindet; zu letzterer rechnen Asphalt, Fliesen oder Platten aus natürlichem und künstlichem Stein. — Weit verbreitet ist die Belegung der Gehwege mit einer Reihe von Granitplatten oder auch Zementplatten. Was die Eigenschaften letzterer Befestigung betrifft, so ist dazu auf Vorhergegangenes zu verweisen. Granitplattenbelag hat die Vorzüge sehr geringer Abnutzung, leichter Reinhaltung, Wasserdichtheit, aber auch starken Klanges; dazu ist er im Winter kalt, im Sommer stark wärmesammelnd und, was nicht unwesentlich, er ermüdet wegen seiner Unnachgiebigkeit beim längeren Gehen die Beinmuskeln viel stärker als andere unter dem Tritt der Füsse etwas nachgiebige oder elastische Befestigungsarten.

Das sogen. Kleinpflaster ist dem Mosaikpflaster darin ähnlich, dass es aus geschlagenen Steinen von einigermaassen regelmässiger Form, doch von etwas darüber hinausgehender Grösse hergestellt wird, jedoch auf einer festen Unterlage, sei es aus festgewalztem Makadam, sei es auf einer Betonschicht. Verunreinigung des Grundes ist dadurch ziemlich ausgeschlossen; das Kleinpflaster ist sehr standsicher, vermöge einer dünnen Kiesschicht auf der festen Unterlage auch etwas nachgiebig; doch giebt es namentlich auf Betonunterlage einen ziemlich hellen Klang. — Nahe verwandt mit dem Kleinpflaster ist der sogenannte Sternmakadam. Auf einer Betonschicht, die den Grund dicht abschliesst, wird eine Mischung von Zementmörtel mit Steinschlag ausgebreitet, festgestampft und nachträglich mit dünnflüssigem Zementmörtel übergossen. Die Mörtelfüllung der Zwischenräume und die ziemliche Ebenheit der Fläche mildern den Klang der Steine wesentlich. Der Sternmakadam ist sehr standsicher, wasserdicht und leicht reinigungsfähig trocknet nach Regenfällen rasch wieder, erträgt aber stärkeren Verkehr nicht.

Alle besseren Pflasterarten verwenden würfelförmige oder parallelopipedisch geformte Steine mit mehr oder weniger feiner Flächenbearbeitung, die nach der Kopfbreite genau sortirt und, ähnlich wie bei Vermauerung, in Reihen „versetzt“ werden; Unterschiede finden nach der Beschaffenheit der Unterlage und nach der Fugenfüllung statt. Die Unterlage besteht entweder nur aus einer Schicht von Sand oder Feinkies, oder aus einer Lage aus Steinschlag, welche festgewalzt, und über die zum Ausgleich eine dünne Lage von Sand oder Kies gebreitet wird. Beide Unterlagen sind wasserdurchlässig; die Steinschlagbettung hat aber den Vorzug, weniger nachgiebig als die Sand- oder Kiesschicht zu sein und infolge davon eine grössere Ebenheit der Pflasteroberfläche zu verbürgen, die abschwächend auf Geräuschbildung wirkt; andererseits erfährt aber durch die Härte der Unterlage Geräusch auch wieder eine Verstärkung. Die

bei Füllung der Fugen mit Sand oder Kies vorhandene Wasserdurchlässigkeit des Pflasters wird aufgehoben und auch die Stellung der einzelnen Pflastersteine besser gesichert wenn Füllung der Fugen entweder mit flüssigem Zementmörtel, oder mit einer Mischung aus Theer und Pech erfolgt. Diese Füllung kann auf den oberen, einige Centimeter tiefen Theil der Fugen beschränkt werden, und der untere Tiefentheil der Fuge Kies oder Sandfüllung erhalten. Da bei dünnflüssigem Zementmörtel leicht Trennung der Zementkörner von den Sandkörnern stattfindet, und da auch sonst tadelloser Zementmörtel bei Erschütterungen leicht bricht, oder durch Abscherung Risse entstehen lässt, während Füllungen mit Theer und Pech einige Elastizität besitzen, welche Entstehung von Brüchen verhindert, so sind letztere Füllungen vor denjenigen mit Zementmörtel im Vorzuge.

Hinsichtlich des Materials, aus der die Pflastersteine bestehen, wird hinzugefügt, dass das härteste Gestein schon die geringste Abnutzung, aber auch die grösste Geräuschbildung sowie Glätte ergiebt, und zudem leicht springt, wodurch die Kanten der Steine verloren gehen, dass daher als bestes Pflastermaterial grundsätzlich ein solches gelten muss, bei welchem sich ein ausreichender Widerstand gegen Abnutzung mit einer gewissen Zähigkeit oder auch Elastizität vereinigt. —

In Gegenden, in welchen natürliche Steine ganz fehlen oder zu theuer sind, werden zu Pflasterungen künstliche Steine benutzt, die entweder gegossen oder erbrannt sein können. Gegossen sind die Steine aus Kupferschlacke, die recht regelmässige Form und mehr als ausreichende Härte besitzen. Sie ergeben ein Pflaster von mehr ebener Oberfläche als Natursteine, das zuweilen etwas glatt wird, aber wenig geräuschbildend ist; die Fugen des Pflasters sind eng und können, wenn beste Beschaffenheit verlangt wird, vergossen werden. Es ist jede Art der Unterlage zulässig, doch bei den noch wenig umfangreichen Erfahrungen fraglich, ob Schlackensteinpflaster auch sehr schwerem Verkehr gewachsen ist, namentlich ob bei solchem die Steine gegen Zerspringen genügenden Widerstand leisten. Bei in stärkeren Steigungen verlegtem Schlackensteinpflaster empfiehlt sich schwaches Brechen der Kanten der Steine.

Gebrannte Steine, die sich zu Pflasterungen eignen, sind die sogen. blue bricks und die Klinker; erstere haben Würfelform, letztere die Form gewöhnlicher Ziegel. Beide Arten von Steinen sind auf einer kräftig absaugenden und möglichst festen, starken Unterlage von reinem Sand zu versetzen und die Fugen mit Sand vollzuschlämmen. Da Abrammen des Pflasters nicht zulässig ist muss die Unterlage genau nach der Form der Pflasterfläche abgeglichen werden. Die Härte der Steine ist ziemlich gross; bei schwerem Verkehr gehen aber die Kanten derselben leicht verloren und findet auch Springen statt. Um solche Schäden zu verhüten bedürfen die Pflasterungen der ständigen Erhaltung einer leichten Schutzdecke aus feinem Sande auf denselben. Dies ist bei Flächen in freier Lage ein grosser, bei geschützt liegenden Flächen ein höchstens erträglicher Uebelstand, der die Vorzüge dieser Pflasterungen: sehr geringes Geräusch und rasche Trocknung nach Regenfällen, kaum aufwiegt. Verunreinigungen des Grundes und Aufsteigen von Schmutz zur Oberfläche sind nicht verhindert.

Holzpflasterungen bedürfen einer unwandelbaren, genau nach der Form der Pflasterfläche geformten und zugleich wasserdichten Unterlage, und, um zu verhüten, dass Wasser von der Oberfläche aus die Unterlage erreicht, wasserdichten Schluss der Fugen. Letztere Anforderung ist aber kaum erfüllbar, weil die Pflasterklötze durch Wasseraufnahme ihr Volumen vermehren und durch Trocknung wieder verringern. Dadurch, sowie durch Ungleichmässigkeit in der Abnützung, die auch durch sehr genaue Sortirung der Klötze nicht ganz verhindert werden kann, entstehen Unebenheiten im Pflaster, welche die Zerstörung befördern und die Reinhaltung stark erschweren. Bei leichtem Frost wird das Holzpflaster glatt, bei mässig feuchtem Wetter schlüpfrig und durch Aufnahme von Schmutz in die Poren übelriechend; ein anderer grosser Uebelstand ist schon unter 8 (S. 823) erwähnt. Die mancherlei Schattenseiten des Holzpflasters werden durch den einen grossen Vorzug: dass dasselbe nahezu geräuschlos ist, nicht aufgewogen.

Hinsichtlich der Haupteigenschaften von Asphaltpflaster wird auf das verwiesen, was oben unter Asphaltestrich mitgetheilt ist. Ergänzend ist nachzutragen, dass zu Aspaltpflaster im Freien überwiegend Stampfasphalt benutzt wird, und dass im Freien das Asphaltpflaster einige Mängel aufweist, die nicht unerheblich sind: 1. starke Wärmesammlung und infolge davon, sowie infolge der ebenen Beschaffenheit der Oberfläche, sehr rasches Trocknen von auf derselben befindlichem Staub, der bei Luftzug aufgewirbelt wird und 2. Standunsicherheit bei geringer Nässe, weil sich dabei Schlüpfrigkeit einstellt, der durch Bestreuen mit Sand oder Kies entgegengewirkt werden muss. Letzterer Grund schliesst Asphaltpflaster bei Flächen von einigem Gefälle (mehr als $^1/_{60}$) aus. Was Eigenklang betrifft so steht das Asphaltpflaster dem Holzpflaster nach.

Makadam steht hinsichtlich der Geräuschlosigkeit und der Standsicherheit den besten Pflasterarten gleich; auch ist bei guter Herstellung der Grund einigermaassen vor Verunreinigungen geschützt. Als Mängel sind dagegen stärkere Abnutzung, und Nothwendigkeit der Erhaltung einer leichten Decke aus Kies usw. auf der Fläche anzuführen. Hiernach eignet sich Makadam nur für geschützt, und dabei trocken liegende Flächen, über die wenig Verkehr geht.

In besonderen Fällen hat man eine Verbesserung des gewöhnlichen Makadams durch Vergiessen der Hohlräume desselben mit einer Mischung aus Kohlentheer, Pech usw. erstrebt. Diese Versuche sind ungünstig verlaufen, weil unter Sonnenbestrahlung Erweichung des Dichtungsmittels stattfindet.

Einzelne Versuche mit Eisenpflasterungen, die in verschiedener Art hergestellt werden können, haben nur ungünstige Ergebnisse geliefert. Unerträgliches Geräusch, Geruchbildung, geringe Standsicherheit, Nothwendigkeit Eisenpflaster unter einer leichten Decke zu halten, bei sehr hohen Kosten.

Die im Freien ausgeführten Pflaster- und ähnlichen Befestigungsarten, die einer wasserdichten und dabei unwandelbaren Unterlage bedürfen, sind gegen Pflasterungen, bei denen das nicht der Fall ist, dadurch im Nachtheil, dass Aufgrabungen des Grundes, um etwa Reparaturen an Leitungen usw. auszuführen, sehr schwierig sind und dadurch zeitraubend und kostspielig werden. Ferner bewirkt eine derartige Unterlage, dass ausgetretenes Leuchtgas sowie Wasser gezwungen ist, den Weg seitwärts zu den anstossenden Häusern zu zu nehmen, und endlich ist Baumwuchs auf derartig befestigten Flächen und Strassen nur mit Schwierigkeiten zur Entwicklung zu bringen, bezw. im Gedeihen zu erhalten. Als Regel muss daher gelten, dass der Grund unter so befestigten Flächen und Strassen von Leitungen frei bleibt.

11. Gift-Eigenschaft und Desinfektions-Wirkungen einiger Materialien.

Unter Hinweis auf das, was bereits unter 9 (Seite 829) über Gifteigenschaften von Metallen angeführt worden ist, wird zu diesem Gegenstande hier noch folgendes Weitere nachgetragen:

Von Blei weiss man, dass dasselbe durch Abgreifen, Reibung und wohl noch auf andere Weise verhältnissmässig leicht in Staubform übergeführt wird, der in der Luft vielfach nachgewiesen ist, eine Eigenschaft, welche dies Material noch gefährlicher macht, als es ohnehin schon ist. In den Glasuren der gewöhnlichen Töpferwaaren kommt Blei häufig in Mengen vor, und wird daraus selbst durch leichte Säuren oder kochendes Wasser in Mengen gelöst, die gesundheitschädigend wirken können. Dasselbe gilt zuweilen für Email- und Ueberzüge auf anderen Metallen; Bleiweissfarbe ist giftig, Farben anderer Art sind öfter bleihaltig. Giftig sind ausserdem: Chromfarben, Uranfarben, Eisenfarben wenn mit Arsen verunreinigt, Quecksilberfarben, Arsenfarben, Antimonfarben und Kadmiumfarben, und von Farben organischer Herkunft, Safranin- und Nitrofarbstoffe. Die Gift-Eigenschaft kommt insbesondere beim Tapetenbedruck inbetracht, aber auch bei Farbigkeit von manchen Gebrauchsgegenständen und von Kleiderstoffen. Es ist nachgewiesen, dass von Tapeten und aus Kleidern Arsen in Staubform abgegeben werden, und man sieht als Ursache der Ueberführung in Staubform die Thätigkeit bestimmter Mikrobenarten an.

Ungiftig sind dagegen Zinn- und Zinkfarben, auch Kreide und Ocker, welche Stoffe in häufigstem Gebrauch stehen, aber in der Form der sogen. Leimfarben aufgetragen, die unangenehme Eigenschaft haben, durch Feuchtigkeit erweicht zu werden auch abzublättern, bei Trockenheit zu verstauben und sich nicht feucht reinigen zu lassen. Besseres leistet der gewöhnliche Kalkfarbenanstrich, der viel haltbarer ist, feucht abgerieben werden kann, nicht leicht abblättert und zu allem die schätzenswerthe Eigenschaft hat, so lange desinfizirend zu wirken als Kalkhydrat in demselben besteht. Auch der gewöhnliche Oelfarbenanstrich äussert für einige Zeit Desinfektions-Eigenschaft, und desgleichen mehrere andere Anstriche, wie die sogenannte Emailfarbe. Aber in welchem Umfange und wie lange diese Eigenschaft anhält, ist bisher nicht sicher festgestellt. Daher ist dieselbe vor der Hand von nur geringer Bedeutung und bleibt die Werthschätzung der hierher gehörigen Anstriche, die ihre Ursache in der Bildung eines harten, glatten, wasserundurchlässigen, nicht verstaubbaren, wenig abnutzungsfähigen und leicht rein zu haltenden Ueberzuges hat, davon unbeeinflusst.

IV. Besonderes über einige Haupt-Materialien und -Konstruktionen.

1. Mörtel.

Von der Mauerwerksmenge macht der Mörtel einen vergleichsweise hohen Prozentsatz aus: bei Ziegelmauerwerk 25—30%, bei Mauerwerk aus lagerhaften Bruchsteinen 30—35%, bei Quadermauerwerk aber nur 5—10%. Hieraus, ferner aus dem im Vergleich zu natürlichen und künstlichen Steinen abweichenden Verhalten des Mörtels gegen Feuchtigkeit, Wärme und Luft (vergl. unter III, S. 808) und in minderem Grade auch aus der Vertheilung des Mörtels im Mauerwerk folgt die grosse Bedeutung gesundheitlicher und anderer Art, welche der Mörtel besitzt. Im Beton hat der Mörtel durchaus gleichmässige Vertheilung; im Ziegel- und Quadermauerwerk bildet er Bänder und Lamellen im Bruchstein-Mauerwerk neben Bändern und Lamellen vielfach auch sogenannte Nester. Je ungleichmässiger die Vertheilung ist, um so grösser sind die Unterschiede, die mit Bezug auf Luftdurchlässigkeit, Wassergehalt, Trockenheitszustand, Wärmeleitung, Klang usw. Mauerwerk aufweist. Von allergrösster Bedeutung darunter ist der Wassergehalt des Mörtels, sowohl mit Bezug auf die Menge als auch mit Bezug auf die Wasserbeschaffenheit.

Was zunächst erstere betrifft, so bildet sich beim Zusammenbringen von gebranntem Kalk (Calciumoxyd = CaO) mit Wasser, d. h. beim Mörtelanmachen sogen. Hydratwasser, nach der Gleichung:

$$CaO_2\,H_2 = CaO + H_2O.$$

Wenn dem Hydratwasser Kohlensäure (aus der Luft usw.) zugeführt wird, so geht mit demselben die Umwandlung vor sich:

$$CaO_2\,H_2 + CO_2 = CaC\,O_3 + H_2O,$$

in welcher Formel der zweite Theil rechterseits die nicht in Kristallform übergegangene, (nicht gebundene) daher freigebliebene, Wassermenge darstellt; die Menge des in die Kristallform übergegangenen Wassers ist aber im Vergleich zu der des frei gebliebenen sehr gering. Was letztere betrifft, so ist die Wassermenge, welche bei der Mörtelbereitung erfordert wird, etwa übereinstimmend mit dem Porenvolumen des Sandes, das 35—38% beträgt, weniger der zugesetzten Kalkmenge. Da nun beispielsweise zu 1 cbm Ziegelsteinmauerwerk 0,25—0,30 cbm Mörtel gebraucht werden, so nimmt in demselben das Mörtelwasser etwa den Raum von:

$$(0{,}35-0{,}38)\,(0{,}25-0{,}30) = 0{,}088-0{,}114\ \text{cbm} = 88-114\ \text{l}$$

ein. Da ferner Ziegelsteine von mittelguter Beschaffenheit, um wassergesättigt zu werden, 12—14 Gewichts- = 20—24 Volumprozente Wasser aufnehmen, so treten unter Umständen der oben berechneten Wassermenge aus den Ziegeln noch hinzu:

$$(0{,}70-0{,}75)\,(0{,}20-0{,}24) = 0{,}140-0{,}180\ \text{cbm} = 140-180\ \text{l}$$

und beläuft sich daher die Wassermenge, welche in 1 cbm frischen Ziegelmauerwerks enthalten sein kann, auf:

$$228-294 \text{ oder rd. } 250\ \text{l}.$$

Diese ganze Menge muss zur Trockenheit des Gebäudes bis auf einen Rest von wenigen Prozenten durch Verdunstung entfernt werden. In dem Mörtel findet Zersetzung durch Zutritt von Kohlensäure aus der Luft statt, wodurch der Kalk in einfach kohlensauren Kalk zurückgeführt wird, allerdings erst in sehr langer Dauer, und unter Eintritt von Volumenveränderungen, dem sogen. Schwinden des Mauerwerks, richtiger des Mörtels. Neben kohlensaurem Kalk entstehen Kalksilikate, wobei ebenfalls gewisse Wassermengen verbraucht werden; bei dem eigentlichen Luftmörtel ist jedoch die Silikatbildung von sehr geringer Bedeutung, von grösserer und grosser nur bei den hydraulischen Mörteln.

Das zum Mörtelanmachen dienende Wasser soll keine, oder nur geringste Mengen von Salzen enthalten, weil dieselben die Trocknung bezw. die Erhärtung des Mauerwerks verzögern, auch spezifische Krankheiten desselben hervorrufen können. Am besten ist nicht verunreinigtes Regenwasser, überhaupt weiches Wasser, zu scheuen, namentlich ein Gehalt an Kochsalz, wie er in verunreinigten Brunnenwassern, Moor- und Brackwassern angetroffen wird. Das Kochsalz verbindet sich mit Kohlensäure zu Natriumcarbonat, das auswittert; daneben entsteht Chlorcalcium, das stark hygroskopisch ist, daher das Mauerwerk dauernd oder doch auf lange Zeit hinaus feucht erhält. In ähnlicher Weise wirkt ein Gehalt des Mauerwerks an Chlormagnesium, das etwa mit Meerwasser hineingelangt ist. (Ueber die Entstehung von Mauerfrass bei Anwesenheit von Stickstoffverbindungen siehe weiter oben.) Wichtig ist auch Freiheit des Anmachewassers von Säuren. Humussäuren, die z. B. in moorigem oder torfigem Wasser enthalten sind, bewirken die Entstehung von — weichen — Kalkseifen. Endlich darf das Anmachewasser auch keine grösseren Mengen von Verunreinigungen physikalischer Art enthalten, weil unter diesen sich vielleicht Stoffe der vorangegebenen Art befinden, die schädlich auf das Mauerwerk wirken können.

Gleichartiges wie vom Anmachewasser gilt vom Mörtelsande. Auch dieser soll frei von fremden Bestandtheilen sein. Am besten ist reiner Quarzsand, doch auch granitischer Sand, Kalksand und Bimssand gut zu gebrauchen. Unreiner Sand ist zu waschen; als Verunreinigung gilt aber nicht ein geringer Antheil von in Staubform vertheiltem Lehm. So grosse Mengen von derartigem Staub jedoch, dass die Sandkörner davon umhüllt werden, sind unzulässig, weil sie das Haften des Kalkes an denselben verhindern würden. Von einiger Bedeutung sind auch Korngrösse und Kornform des Sandes. Was erstere betrifft, so ist Gleichartigkeit der Korngrösse ungünstig, weil dabei weniger dichte Lagerung stattfindet als bei Ungleichartigkeit. Grober Sand von gleichmässiger Korngrösse ergiebt ein grosses Porenvolumen. Am dichtesten legen sich die Sandkörner zusammen, wenn unter ihnen alle Korngrössen zu entsprechenden Antheilen vertreten sind. Dies findet bei Sand aus Flussbetten nicht leicht statt, und ebensowenig bei Dünensand, viel eher bei Grubensand. Sand aus groben Körnern von einiger Gleichmässigkeit der Grösse erfordert daher auch den grössten Zusatz an Kalk, Sand, in dem grobe und feine Sandkörner in entsprechendem Mischungsverhältniss enthalten sind, den geringsten. Da nun die Adhäsion zwischen Sandkörnern und Kalk grösser ist als diejenige zwischen den Kalktheilchen, so werden im Mörtel, der nur mit Grobsand, ohne Zumischung von feinem und feinstem Sand bereitet ist, leicht Risse entstehen, während solcher aus gemischtem Sand davon frei bleibt. Am günstigsten verhält sich mitbezug auf die Vermeidung von Rissen der sogen. scharfe Sand, der nicht aus runden, sondern eckigen Körnern aller Grössen besteht.

Der Kalk soll im Mörtel in derjenigen Menge enthalten sein, dass alle Sandkörner mit einer dünnen Haut überzogen, und die dann noch verbleibenden Poren gefüllt sind. Bei guter Sandmischung beträgt das Porenvolumen 30—35 %, bei besonders guter Mischung etwas weniger als 30 %. Dies, unter Hinzurechnung einiger Prozent, die für die Umhüllung der Sandkörner erforderlich sind, würde also die dem Mörtel zuzusetzende Kalkmenge sein. Bei einem geringeren Zusatz liegen die Körner nicht dicht aneinander, so dass im frischen Mörtel Poren bestehen bleiben, die sich später beim Uebergang des Aetzkalkes in kohlensauren Kalk noch vergrössern. Durch Zusatz von etwas Gips lässt sich Kalkmörtel so-

wohl dichter als glatter im Aeusseren machen. Bei höherem Kalkzusatz rücken die Sandkörner auseinander und entstehen im Kalk, ebenfalls durch Schwinden, nachträglich Risse.

Die Mörtelmenge ist, gute Bereitung vorausgesetzt, etwa übereinstimmend mit der Menge des verwendeten Sandes. Die Bereitung ist gut, wenn die Vertheilung des Kalkes in der Masse gleichmässig, und der Wasserzusatz nicht grösser ist, als dass der Mörtel einen steifen Brei bildet. Das ist von besonderer Wichtigkeit bei Verwendung des Mörtels in kalter Jahreszeit, weil die Wasserverdunstung und die chemischen Prozesse in solcher Zeit langsamer stattfinden, und weil, im Falle dass Frostwetter eintritt, der wasserreiche Mörtel leicht zerstört, d. h. seine Fähigkeit zum Abbinden geschmälert wird, oder auch ganz aufhört. Dies beruht auf dem Gefrieren des Mörtelwassers, wobei Volumenvergrösserung stattfindet.

Bei Bereitung mit Hand kann die Mischung von Kalk und Sand nicht leicht so gleichmässig ausfallen, als bei Bereitung mittels Mörtelmaschinen. Die Herstellung auf letzteren verdient daher im allgemeinen den Vorzug. Auch in der Beziehung, dass dabei grössere Gleichmässigkeit der Beschaffenheit von Kalk und Sand gesichert ist, befindet sich die maschinelle Bereitung des Mörtels im Vorzuge vor der Handbereitung. Ob aber Mörtel aus Mörtelfabriken bezogen, immer der bessere ist, erscheint nicht sicher, weil sowohl eine zuverlässige Kontrolle über die Beschaffenheit der Materialien und die Zusammensetzung des Mörtels fehlt, als auch, weil Fabriken leicht veranlasst sind, auf Vorrath zu arbeiten und alsdann ein Erzeugniss liefern, das sich schon im vorgeschrittenen Zustande des Abbindens befinden kann. Der beste Mörtel ist daher derjenige, der auf der Baustelle selbst mittels Maschinen unmittelbar vor dem Verbrauch hergestellt wird; auf grösseren Baustellen sollten daher thunlichst Mörtelmaschinen benutzt werden. —

Je nach der Menge von Kieselsäure, die der Kalkstein enthält, nennt man den daraus erbrannten Kalk mager oder fett. Der magere kieselsäurereiche Kalk zerfällt (löscht) an Luft und Wasser nicht mehr, sondern muss zu Pulver gemahlen werden, wogegen der Fettkalk sowohl an der Luft als mit Wasser rasch zerfällt, dabei sein Volumen auf das 2—3 fache und darüber vergrössernd. Der Beschaffenheit des Kalksteins muss die Brenntemperatur entsprechen, weil es von jener abhängt, ob Austreibung der Kohlensäure bei geringer oder erst bei hoher Brenntemperatur stattfindet. Bei zu hoher Temperatur wird der Kalk todtgebrannt; in diesem Zustande löscht er überhaupt nicht mehr und ist lediglich todtes Gestein. War dagegen die Brenntemperatur zu niedrig so löscht der Kalk nur sehr langsam, und enthält dann bei der Verwendung zu Mörtel oft noch ungelöschte Theile, deren Löschung erst später stattfindet. Wegen der damit verbundenen Volumenvermehrung wird der Erhärtungsfortgang umliegender Mörteltheile gestört, bezw. bereits erlangte Festigkeit wieder vernichtet. Indem dadurch ein minderwerthiges Mauerwerk entsteht, ist es von Wichtigkeit, dem Kalk zum Ablöschen eine längere Zeit zu gewähren, die ausreicht, damit die Löschung vollständig sei. Kann unter besonderen Umständen, z. B. beim Mauern in kalter Jahreszeit — etwa leichtem Frostwetter — diese Frist nicht gewährt werden, so darf man nur tadellos erbrannten Kalk benutzen, den man mit möglichst geringen Mengen angewärmten Wassers zum Löschen bringt. Werden dann die zu vermauernden Steine garnicht oder nur leicht angenässt und etwas angewärmt, und wird der Wasserzusatz bei der Mörtelbereitung thunlichst beschränkt, so ist ein Schaden für das Mauerwerk durch leichten Frost nicht zu befürchten.

Gut (vollständig) gelöschter Kalk nimmt beim Lagern in einer Grube sogen. speckige Beschaffenheit an, und wird Fettkalk im Gegensatz zu Magerkalk genannt, der die speckige Beschaffenheit selbst bei längerem Lagern in einer Grube nicht erreicht. Fettkalk hat höheren Werth als magerer Kalk.

Ueber die Ausgiebigkeit von Kalk beim Löschen werden hier folgende Mittelzahlen hinzugefügt:

100^{kg} Kalksteine geben $50^{kg} = 40^{l}$ gebrannten Kalk $= 70^{kg}$ oder 50^{l} trocken gelöschten Kalk $= 160^{kg}$ oder 135^{l} Kalkbrei. Oder einfacher:

100^{kg} gebrannter Kalk = 80^{l} geben 140^{kg} = 100^{l} trocken oder 320^{kg} = 270^{l} nass gelöschten Kalk. Die Zahlen können aber stark wechseln.

Bei Lieferungen von Kalk ist es bei den grossen Verschiedenheiten, welche die Ausgiebigkeit zeigt, immer am sichersten, Kalkbrei nach Maass liefern zu lassen, die Messung jedoch immer erst einige Wochen nach dem Einlöschen auszubedingen.

Wichtig für die Beschaffenheit ist es, dass beim Löschen nicht mehr Wasser zugesetzt wird, als der chemische Vorgang erfordert. Bei zu reichlichem Wasserzusatz „ersäuft" der Kalk, indem die Temperatur nicht zu derjenigen Höhe anwächst, welche zur vollständigen Aufschliessung desselben nothwendig ist.

Da zur Erreichung der speckigen Beschaffenheit Abgabe von Wasser nöthig ist, und diese am leichtesten durch Versickerung stattfindet, dürfen Gruben zur Kalkaufbewahrung nicht wasserdicht eingefasst sein, wenigstens keinen wasserdichten Boden haben; Belegung der Sohle mit einem Ziegel-Flachpflaster hindert aber die Wasserabgabe aus dem Kalk kaum. Zur Erhaltung einer etwas höheren Temperatur, welche die nachträgliche Aufschliessung zunächst ungelöscht gebliebener Kalktheile befördert, ist es günstig, Kalkgruben zugedeckt zu erhalten.

Wie der Kalkmörtel, ist auch der Gipsmörtel ein Luftmörtel. Gips ist schwefelsaurer Kalk, der durch leichtes Brennen von dem Kristallwasser bis auf ein paar Prozent befreit ist, und dann zu Pulver zerfällt. Derselbe ist wegen der Raschheit des Abbindens ohne Sandzusatz zu verwenden, aber nur als Luftmörtel brauchbar; selbst nur in dauernder Berührung mit feuchter Luft ist seine Haltbarkeit gefährdet, da er trotz der fast gänzlichen Undurchlässigkeit für Luft Wasser mit grosser Begier aufnimmt, und dabei aufbläht. Trotzdem findet Gipsmörtel in mancher Gegend im Freien ausgedehnte Anwendung, doch überwiegend nur für den inneren Ausbau. Hier ist er werthvoll, theils wegen der Raschheit, mit der Austrocknung und Erhärtung erfolgen, theils auch wegen der grossen Dichte und Glätte, die er, als Putzmörtel verwendet, annimmt. Zu Putzmörtel sowohl als zu dem sogen. Stuckmarmor, Stucco lustro, oder Stucco lucido wird er unter Zusatz von etwas Kalk, feinem Sand, Marmorstaub usw. verwendet. Beim Stuckmarmor und Stucco lustro findet auch Glätten und Verdichten der Oberfläche durch Zusatz von besonderen Stoffen, und unter Herstellung von Politur statt, wodurch die Feuchtigkeitsaufnahme beschränkt oder aufgehoben wird. Die Anwendung des Gipsmörtels zu gewöhnlichem Stuck, der in den verschiedensten Herstellungsarten, und unter einer ganzen Reihe von Bezeichnungen vorkommt, sind sehr mannichfaltig; grosse Ausdehnung nimmt in neuerer Zeit die Verwendung zu den sogen. Gipsdielen an, worüber Näheres weiterhin folgt. —

Mittelstellungen zwischen den Luftmörteln und den Wasser- oder hydraulischen Mörteln, nehmen der hydraulische Kalk und der Trass ein.

Hydraulischer Kalk wird aus Kalksteinen bei geringerer Hitze erbrannt, als der gewöhnliche Kalk; er steht hinsichtlich seines Gehaltes an Kieselsäure (8—18%) zwischen letzterem und dem Romanzement. Liegt der Gehalt an Kieselsäure nahe der unteren Grenze, so ist noch Löschen im Wasser möglich, bei höherem Gehalt findet langsamer Zerfall zu Pulver nur statt, wenn die gebrannten Stücke in Haufen gebracht und unter Bedeckung gehalten werden. Der hydraulische Kalk wird mit Sand, der aber als Höchstmaass etwa 5 R. Th. auf 1 R. Th. Kalk nicht überschreiten darf, zu Mörtel angemacht und erhärtet sowohl im Wasser als an der Luft, bei beiden Verwendungen jedoch nur in längerer Dauer. Die Erhärtung geschieht theils dadurch, dass infolge Aufnahme von Kohlensäure einfach kohlensaurer Kalk entsteht, theils auch mit Wasser Silikate gebildet werden; je mehr letzteres stattfindet, je rascher erfolgt Trocknung.

Wird zu Luftkalk (Kalkhydrat) ein Zusatz von hydraulischem Kalk gemacht, so nimmt ersterer in entsprechendem Maasse hydraulische Eigenschaften an. —

Trass ist ein nur an einigen Stellen natürlich vorkommendes vulkanisches Gestein, das vielfach als Tuffstein bezeichnet wird, aber mit dem gleichfalls Tuffstein genannten Kalktuff keine Verwandtschaft hat. Der eigentliche Tuffstein besteht zu 60—80% aus aufgeschlossener (verbindungsfähiger) Kieselsäure, etwas

Thonerde, Eisenoxyd und Alkalien. Zu Pulver gemahlen heisst er Trass, der beim Erhärten mit Kalkhydrat Ein- und Mehrfach-Silikate bildet, und zwar sowohl im Wasser, als an der Luft. Vermöge des Zusatzes von Kalk findet daneben Bildung von kohlensaurem Kalk statt, und, indem gleichzeitig Silikate, nebst kohlensaurem Kalk entstehen, ergiebt sich an der Luft raschere Erhärtung, d. h. frühere Trocknung als beim gewöhnlichen Kalkmörtel. Doch geschieht im Vergleich zu Zementmörtel die Erhärtung nur langsam, und es gilt dies namentlich für die Erhärtung unter Wasser; man kann dieselbe aber durch Zusatz von etwas Zement abkürzen. Trassmörtel ist sehr dicht, wahrscheinlich viel dichter als Zementmörtel; dies erklärt sich aus dem Kalkzusatz. Die Langsamkeit der Erhärtung verschafft dem Trassmörtel im Vergleich zum Zementmörtel insofern einen Vorzug, als ersterem selbst eine Lagerzeit von ein paar Tagen keinen Schaden an seiner Bindekraft zufügt; Trassmörtel kann daher in grösseren Posten angemacht, und dadurch etwaigen Wechseln im Verbrauch auf der Baustelle gut angepasst werden; ausserdem ist magerer Trassmörtel viel leichter verarbeitungsfähig als magerer Zementmörtel. Ob Trassmörtel gegen die Einwirkungen von Meerwasser und von Süsswasser, welche freie Kohlensäure enthalten, besser gesichert ist als Zementmörtel, ist noch nicht zweifelsfrei festgestellt.

Um einen Ueberschuss von Kalkhydrat im Zementmörtel an Kieselsäure zu binden, hat man letzterer vereinzelt Trass zugesetzt, allerdings nicht immer mit wahrnehmbarem Erfolg.

Puzzolanerde und Santorinerde, erstere in der Nähe von Neapel, letztere auf dem kleinen griechischen Eiland Santorin vorkommend, sind ebenfalls vulkanische Erzeugnisse von ganz ähnlicher Zusammensetzung wie der Tuffstein; sie unterscheiden sich von diesem jedoch durch viel geringere Härte, indem sie sogar mit der Hand zerreiblich sind, oder von selbst zerfallen. Beide werden nur als Wassermörtel verwendet, und auch nur in den Gegenden um das Mittelmeer. Der Zusatz von Kalk wird sehr gering genommen, Sandzusatz oft gar nicht angewendet. Die Erhärtung geht sehr langsam vor sich; in dieser Hinsicht sind beide Materialien im Vergleich zu Zement recht minderwerthig.

Von Zement giebt es nach den Bestandtheilen und nach der Schärfe des Brandes mehrere Gattungen.

Romanzement (oder römischer Zement) wird aus Kalksteinen mit hohem Silikatgehalt (20—30%), und gleichzeitig sehr feinem Korn erbrannt. Die Brenntemperatur wird dabei so niedrig gehalten, dass keine Sinterung stattfindet. Hierin, und in der etwas anderen Zusammensetzung, ist der Unterschied gegenüber Portlandzement begründet. Romanzement erhärtet ausserordentlich rasch, so rasch, dass die zweckmässige Verarbeitung einige Uebung erfordert, und ein Zusatz von Sand nicht möglich ist. Darin liegt die Ursache, dass der Mörtel leicht treibt und zuweilen vollständig zerspringt. Der Mörtel aus Romanzement ist nur als Wassermörtel brauchbar.

Portlandzement. Das Rohmaterial dazu kommt, soviel bisher ermittelt ist, nur an wenigen Stellen der Erde in der unmittelbar brauchbaren Mischung natürlich vor; meist wird dasselbe durch künstliche Mischung hergestellt. Die Zusammensetzung ist verhältnissmässig eng begrenzt und im Mittel etwa folgende: 58—66% kohlensaurer Kalk, 20—26% Kieselsäure, 4—10% Thonerde, 2—5% Eisenoxyd, sowie geringen Mengen von Alkalien, Magnesia, Schwefelsäure und in Salzsäure unlöslichen Bestandtheilen.

Die Brenntemperatur muss so hoch getrieben werden, dass Sinterung stattfindet, wobei sogen. Klinker von grosser Härte entstehen, die zu sehr feinem Pulver zermahlen werden.

Je höher der Kalkgehalt um so grösser ist die Zugfestigkeit des Mörtels, jedoch nicht die Druckfestigkeit; erstere ist indess zur genauen Erkennung des Werthes einer Zementprobe nicht geeignet. Ein Gehalt von mehr als ein Paar Prozent Gips, und ebenso von Magnesia, bringt den Portlandzementmörtel in die Gefahr des Treibens, und dieselbe Gefahr ist auch gegeben, wenn die Brenntemperatur nicht zu ausreichender Höhe getrieben wurde.

Die Erhärtung des Mörtels aus Portlandzement besteht in der Bildung von Silikaten aus Kieselsäure, Thonerde, Calcium und Eisenoxyd; es ent-

stehen theils Einfach- theils Mehrfach-Silikate, wobei Wasser verbraucht wird. Gewöhnlich bleibt bei der Silikatbildung eine gewisse Menge Kalkhydrat frei, ein Umstand, in welchem nach bisheriger Kenntniss eine zuweilen beobachtete Zerstörungsursache des Zementmörtels begründet ist (vergl. unter 9, S. 829). Auch die Salze des Meerwassers wirken zuweilen zerstörend auf Zement ein und es scheint, dass die Ursache davon ebenfalls ein Ueberschuss des Zementmörtels an freiem Kalkhydrat ist. Der Wasserverbrauch bei der Silikatbildung bewirkt, dass Zementmörtel viel rascher trocken wird als Kalkmörtel; entsprechend findet auch die Erhärtung viel rascher statt. Bei beiden Thatsachen spielen indess die Antheile an Zement, Wasser, kohlen- und schwefelsaurem Kalk, die der Mörtel enthält, grosse Rollen. Je fetter der Mörtel, d. h. je geringer der Sandantheil im Vergleich zum Zementantheil ist, um so rascher erfolgt die Erhärtung, und umgekehrt, und um so grösser wird auch die in einer gewissen Zeitdauer erreichte Festigkeit. Der Mörtel wird aber auch sehr dicht und es kann dadurch vielleicht die Zeit, innerhalb welcher etwa überschüssig vorhandenes Wasser verdunstet, verlängert werden. Da nun mit dem Erhärtungsvorgange auch Volumenveränderungen im Inneren verbunden sind und für diese bei sehr dichtem Mörtel der Raum fehlt, so wird fetter Mörtel leicht rissig, eine Erscheinung, der man durch Magerung des Mörtels begegnen kann; sie tritt bei Portlandzement nicht leicht mehr ein wenn auf 1 Gew.-Th. Zement 2 Gew. Sand, und kaum je noch, wenn auf 1 Gew.-Th. Zement 3 Gew.-Th. Sand und darüber genommen werden. Zu der Erscheinung des Rissigwerdens bei fetten Mörteln ist übrigens darauf aufmerksam zu machen, dass dieselbe nicht mit der Bildung von eng verzweigten sogen. Haarrissen, die sich beim Zementputz und bei Zementwaaren, auch wenn der Mörtel dazu hinreichend gemagert war, im Freien gewöhnlich zeigen, verwechselt werden darf, da die Haarrissbildung lediglich Folge von durch Temperatur- und Feuchtigkeitsschwankungen der Oberfläche bewirkten Volumenveränderungen letzterer ist, und daher bei Zementputz und -Waaren nicht eintritt, die sich in geschlossenen Räumen befinden, deren Temperaturschwankungen gering sind. — Der Wasserzusatz zum Mörtel muss in mässigen Grenzen bleiben; d. h. der Mörtel darf nicht mit wesentlich mehr Wasser angemacht werden, als dass er sich in der Hand noch ballen lässt. Für gewisse Zwecke, z. B. zu Putz, und auch zur Mauerung, ebenso wie zur Herstellung verwickelter Formen aus Zementbeton, ist zur leichteren Verarbeitung ein etwas höherer Wasserzusatz nothwendig, derselbe aber auch hier mit Vorsicht zu bemessen. Denn je feuchter der Mörtel angemacht wird um so mehr verzögern sich Trocknung und Erhärtung, und oft wird stark angefeuchteter Mörtel auch in längerer Dauer diejenige Festigkeit überhaupt nicht erreichen, die ein Zementmörtel von gleicher Mischung, aber geringerem Wasserzusatz erlangt. Bei übermässig angenässtem Mörtel kann die Erhärtung ganz ausbleiben, oder sich in sehr geringen Grenzen halten, aus dem Grunde, dass bei den grossen Unterschieden der spezifischen Gewichte von Zement und Sand (Verhältniss fast 2 : 1) diese beiden Bestandtheile sich sondern und ebenso Kalkhydrat aus der Mischung in Form von Schlamm austritt. Immer bleibt zu nass angemachter Zementmörtel stärker porös; es kommt aber bei dem Grade der Schädigung, die sich durch zu hohen Wasserzusatz ergiebt, sehr auf das Mischungsverhältniss an. Sehr magerer Mörtel bedarf zur innigen Durchmischung eines höheren Wasserzusatzes als fetter Mörtel, wird stärker porös bleiben und dadurch die Austrocknung vielleicht fördern, aber auch nicht die Festigkeit fetter Mörtelmischungen erreichen. In diesen Thatsachen ist die besondere Eignung von Zementmörtel für Fälle begründet, wo es weniger auf grosse Festigkeit als darauf ankommt, dass der betr. Bau in kurzer Zeit trocken werde. Dies kann z. B. bei Bauten in feuchtkalten Klimaten, aber auch in anderen Klimaten, wenn die Bauten zur Herbstzeit oder frühen Winterzeit ausgeführt werden, der Fall sein. Man wird in solchen Fällen eine Mörtelmischung von 1 Gew.-Th. Zement auf 3—6 Gew.-Th. Sand wählen; doch darf letzterer bei den magersten Mischungen nicht zu grob und gleichmässig in der Korngrösse sein, sondern mehr fein und es ist sehr wichtig, dass in ihm alle Korngrössen vertreten sind. Denn wenn der Zementantheil geringer ist, als dass derselbe zur Füllung des ganzen Porenvolumens ausreicht,

so muss durch zweckmässige Wahl des Sandes alles das geschehen, was möglichste Gleichmässigkeit in der Vertheilung des Zementes herbeiführen kann.

Zur Regelung der Abbindezeit erhält Portlandzement schon bei der Fabrikation einen Zusatz von Gips, der aber etwa 2% nicht überschreiten darf wenn der Zement nicht die Eigenschaft des Treibens annehmen soll. — Die Bindezeit, d. i. diejenige Zeitdauer, welche dazu erfordert wird, dass der frisch angemachte Mörtel Eindrücke mit dem Fingernagel oder einer stumpfen Nadel nicht mehr annimmt, wechselt nach Mischung, Lufttemperatur, Wasserzusatz und Wassertemperatur, und nach dem Gehalt des Zementes an Gips, Magerkeit des Mörtels. Niedere Temperatur und hoher Wasserzusatz wirken verzögernd. Zement von 2 Stunden und längerer Bindezeit gilt als langsam bindend, solcher, der in erheblich kürzerer Zeit als 2 Stunden abbindet, als rasch bindend; hoher Gipsgehalt bewirkt Verkürzung der Bindezeit, bringt aber gleichzeitig die Gefahr des Treibens mit sich. Rasch bindender Zement wird daher nur auf besondere Bestellung von den Fabriken geliefert und dient nur für Zwecke, bei welchen Raschheit des Abbindens Hauptanforderung ist; im gewöhnlichen laufenden Betriebe erzeugen die Fabriken nur langsam bindenden Zement. In Fällen, wo Abkürzung der Bindezeit von Bedeutung ist, kann man dieselbe auch bei Langsambindendern durch Anwärmen des Anmachewassers erzielen. Aber auch beim Langsambinden ist die Bindezeit im Vergleich zu derjenigen von Trassmörtel und Kalkmörtel so kurz, dass es nicht angeht, Portlandzement-Mörtel zum voraus in grösseren Mengen zu bereiten; vielmehr darf Bereitung immer nur in so geringen Posten geschehen, dass Verwendung innerhalb der Bindezeit stattfinden kann; wird dieser Zeitraum überschritten, so entsteht Minderwerthigkeit des Mörtels. Zementmörtel nimmt aber auch dadurch Schaden an seiner Festigkeit, dass er scharfem Luftzuge, oder der Sonnenbestrahlung ausgesetzt liegt. In Fällen, wo man denselben diesen klimatischen Faktoren nicht entziehen kann, müssen dieselben durch Besprenguug mit Wasser ausser Wirksamkeit gesetzt werden. Besprengung oder Bedeckung mit nassen Tüchern während mehrerer Tage nach der Herstellung ist für alle im Freien hergestellten Zementarbeiten mehr oder weniger eine Nothwendigkeit. — Da Erhärtung, Festigkeit und Dichte durch Pressung vermehrt werden, wirken Abreiben von Putz unter einigem Druck, sowie Stampfen, Pressen usw. bei den Zementarbeiten, bei welchen diese Mittel anwendbar sind, begünstigend auf die Beschaffenheit des Erzeugnisses.

Verlängerung der Abbindezeit, grössere Dichtheit und erleichterte Verarbeitung, aber eine geringe Herabsetzung der Festigkeit erreicht man bei Zementmörtel durch Zusatz einer kleinen Menge von Kalk, sei es hydraulischer, sei es Fettkalk; hydraulischer Kalk wird in Pulverform, Fettkalk am besten in Form von Kalkmilch zugegeben. Das beste Mischungsverhältniss scheint 1 Gew.-Th. Zement, $^1/_8$—$^1/_4$ Gew.-Th. Kalk zu sein; doch kann man den Kalkantheil noch vergrössern, ohne dass eine wesentliche Verschlechterung des Mörtels stattfindet. Anstatt des Zement-Kalk-Mörtels, der auf vorangegebene Weise entsteht, kann man durch Zusatz von Zement zu Kalkmörtel auch Kalk-Zement-Mörtel herstellen. Im Vergleich zu Kalkmörtel ist dieser weniger porös, erlangt grössere Festigkeit, und trocknet, bezw. erhärtet auch rasch. Durch die Mitbenutzung von Kalk sowohl, als durch Erhöhung des Sand- oder Wasserzusatzes, und ebenso durch geeignete Wahl bezw. Mischung des Sandes, ist man imstande, Mörtel von jeder Beschaffenheit: dicht, weniger dicht oder stärker porös, rasch, weniger rasch, oder langsam abbindend, rasch, weniger rasch oder erst in längerer Zeit austrocknend, hohe, weniger hohe, und geringe Festigkeit erreichend, herzustellen, und in ähnlichem Maasse auch Unterschiede im Preise des Mörtels zu erzielen. Denn während man bei dem Kalkmörtel mit dem Sandzusatz nur wenig über den normalen (s. oben) hinausgehen kann, genügt beim Zementmörtel noch eine Mörtelmischung von etwa 1 : 8, um eine für manche Fälle völlig genügende Mörtelfestigkeit zu erreichen. Um aber einen solch mageren Mörtel, der frisch nicht genügend zusammenhält, verarbeitungsfähig zu machen, muss demselben ein Zusatz von Kalk gegeben werden.

Hinsichtlich des Verhaltens von erhärtetem Portland-Zementmörtel inbezug auf Wasser- und Luftdurchlässigkeit, sowie gegen Wärme, wird auf Vorhergegangenes Bezug genommen.

Es ist schliesslich noch auf die wichtige Eigenschaft des Zementmörtels kurz hinzuweisen: dass derselbe nicht schwindet, daher für den Fall besonders geeignet ist, dass es sich um Aufführung von neuem Mauerwerk in festem Zusammenhang mit altem handelt.

Durch etwas veränderte Zusammensetzung des Rohmaterials, sowie durch Zumischungen nach dem Brennen desselben, sind Zementgattungen herstellbar, die hinsichtlich ihrer Eigenschaften meist zwischen Portland- und Romanzement stehen, doch auch wesentlich von beiden abweichen können; gewöhnlich kommen sie dem Romanzement näher als dem Portland-Zement. Das gilt z. B. von den, besonders in Belgien fabrizirten Zementen: Ciments naturels und Ciments artificiels, und mehreren in Frankreich gängigen Zementen, die der in den deutschen und anderen Normen für den Portlandzement niedergelegten Begriffsbestimmung des Portlandzements nicht genügen.

Dasselbe ist der Fall mit dem unter der Bezeichnung Schlackenzement in den Verkehr gelangenden hydraulischen Bindemittel. Dasselbe besteht aus gemahlener granulirter Hochofenschlacke der Eisenerzeugung, hat hydraulische Eigenschaften, erhärtet langsam und zeigt übrigens Wechsel in seinen Eigenschaften, die zu grosser Vorsicht beim Gebrauch mahnen. Schlackenzement ist daher dem Portlandzement gegenüber sehr minderwerthig, namentlich als Luftmörtel nicht gebrauchsfähig.

Um den Schlackenzement zu verbessern, hat man demselben Portlandzementpulver, umgekehrt, um Portlandzement billiger zu machen, ihm Schlackenmehl zugemischt. Auf beide Weisen entstehen billige Mörtel, deren Beschaffenheit für manche Zwecke genügt, die aber immer das gegen sich haben, dass die Beschaffenheit derselben nicht zum voraus feststellbar ist, weil bisher kein sicheres Mittel bekannt ist, einen Schlackenmehlzusatz zum Zement quantitativ festzustellen. Bei wichtigeren Bauausführungen wird es daher immer sehr gewagt sein, sich auf Verwendung von „gemischter“ Waare einzulassen, um so mehr, als im Portlandzement eine Waare zur Verfügung steht, deren Beschaffenheit nach festen Normen fast genau kontrollirbar ist.

Die schmutzig grau-grüne oder gelb-bräunliche Färbung des Portlandzements macht denselben zu Gegenständen, von welchen helle lebhafte Färbung verlangt wird, ungebrauchsfähig. Weisser Portlandzement lässt sich aber bisher fabrikationsmässig nicht darstellen; doch kann man hellere Färbung durch Zusatz von weissem Sand oder weissem Marmorstaub, auch von Gips, erzielen. Wenn der Zusatz nicht zu gross genommen wird leidet dadurch die Beschaffenheit nicht, bezw. nur wenig. Als weisse „Zemente“ sind aber der sogenannte Marmorzement und der Magnesiazement bekannt. Ersterer besteht aus Gips, der eine besondere Behandlung in der Weise erfährt, dass der gebrannte (gepulverte) Gips mit einer Alaunlösung versetzt und dann abermals gebrannt wird; zuweilen erfolgt, um die Erhärtungsfähigkeit zu verbessern, noch ein Zusatz von Wasserglas. Magnesiazement wird aus Magnesit hergestellt, den man pulverisirt, durch Zusatz von Chlorwasserstoffsäure und Wasser plastisch macht, dann zu Stücken von Grösse und Format der gewöhnlichen Ziegel formt, die man brennt und darnach pulverisirt. Die Bezeichnung „Zement“ ist für die genannten Mörtel nicht sehr zutreffend, wenngleich sie etwas hydraulische Eigenschaft besitzen. Doch handelt es sich eigentlich nur um Gipsmörtel von etwas veränderter, bezw. verbesserter Beschaffenheit gegenüber dem gewöhnlichen Gipsmörtel.

Selenitischer Mörtel oder Scott'scher Zement, ein in England zu gewissen Zwecken, namentlich auch zur Herstellung von Kunststein gebrauchter Mörtel, ist ein Wassermörtel, der aus gewöhnlichem, trocken gelöschtem Kalk dadurch hergestellt wird, dass man letzterem 5—10 % gebrannten Gips zusetzt; es ist aber sehr innige Mischung von Kalk und Gips nothwendig.

Chamottemörtel besteht aus Thonerde (Caolin), die mit pulverisirtem Thon innig gemischt wird. Das Gemisch giebt eine hoch feuerbeständige Masse, die mit Wasser angemacht, zum Aufbau von Konstruktionen dient, die, wie Oefen aller Art, hohe Temperaturen auszuhalten haben; es ist aber kein eigentliches Bindemittel. Es finden keinerlei chemische Prozesse in demselben statt, sondern vermöge der Abgabe von Wasser blos physikalische Erhärtung, die für den

Zusammenhalt der Konstruktion, unter Umst. unter Mitbenutzung mechanischer Hülfsmittel, genügt.

Lehmmörtel ist, wie Chamottemörtel, ebenfalls kein eigentliches Bindemittel, sondern wirkt wie dieser blos physikalisch. Besondere Anwendungen: zu Ofenfeuerungen wegen einer gewissen Feuerbeständigkeit, zu Estrichen geringster Art, und zum Dichten von Wasserleitungsrohren, welche keinen oder nur geringen inneren Druck erleiden.

2. Bausteine und halbfertige Bautheile aus Mörtel.

Hierher gehören zunächst die sogen. Sand-Kalk-Ziegel, die aus sehr magerem Kalkmörtel im Format der gewöhnlichen Ziegel hergestellt werden, und zwar theils durch Pressung und darauf folgende natürliche Trocknung, aber auch so, dass zur rascheren Erhärtung der nur lose geformten Stücke hohe Wärme benutzt wird. Je nach der Sandmischung und dem Mörtelantheil werden die Kalksandziegel stärker oder minder porös, dauerhaft oder weniger dauerhaft sein, grössere oder geringere Festigkeit haben; für viele Zwecke mag aber auch eine geringe Festigkeit noch ausreichend sein. Einen Vorzug besitzen Kalksandziegel vor gewöhnlichen Ziegeln immer in der grösseren Genauigkeit der Form, und der darin begründeten Möglichkeit grosser Ersparung an Mörtel zu Mauerwerk, bezw. in grösserer Homogenität. Die grössere Genauigkeit der Form kommt aber auch der Festigkeit der Konstruktionen zu statten. Ueber Wasseraufnahme und -Wiederabgabe, sowie über die Wärmeleitung ist Näheres noch nicht bekannt, ebensowenig über die Wetterbeständigkeit der Kalksandziegel. Bei Sorgfalt in der Fabrikation dürften sie aber den Vergleich mit der gewöhnlichen Ziegelwaare in jeder Beziehung aushalten können, und dabei erheblich billiger sein.

Schwemmsteine sind sehr grobporige Steine von etwas grösserem als Ziegelformat, aus Kies und geringen Mörtelmengen durch leichte Pressung und Trocknung hergestellt; die Festigkeit ist sehr gering. Zu Aussenmauern sind sie nur unter einem dichten, wasserundurchlässigen Putz verwendbar, gut gebrauchsfähig jedoch zu inneren Wänden und Decken. Wegen der Grobporigkeit leisten sie inbezug auf Wärmeschutz Erhebliches. Wo, wie bei kühl oder auch warm zu haltenden Räumen, dieser Zweck in erster Linie steht, bilden sie ein schätzenswerthes Material.

Im Aeusseren sehr ähnlich sind den Schwemmsteinen die sogen. Korksteine, welche aus grob zerkleinerten Abfällen der Korkfabrikation und geringen Mengen Mörtel ebenfalls durch leichte Pressung und Trocknung hergestellt werden. Auch bei den Korksteinen bildet die Grobporigkeit das Charakteristikum und neben derselben das sehr geringe Gewicht. Indem aber neben den grossen Poren zwischen den Korkstückchen im Kork selbst feine Poren, die schon für sich allein ein grosses Porenvolumen ergeben, vorhanden sind, leisten die Korksteine inbezug auf Wärmeschutz erheblich mehr als die Schwemmsteine, stehen aber auch im Preise erheblich höher als diese. Einiges Nähere darüber ist oben unter 5, S. 817 mitgetheilt. Ausser Korksteinen — etwa im Format der gewöhnlichen Ziegel, werden aus Korkabfällen und Mörtel auch Korkplatten verschiedener Dicke hergestellt, die als Schutzmittel der Wärme — wie auch als Isolirmittel gegen Feuchtigkeit — sich in neuerer Zeit ein grösseres Anwendungsgebiet verschafft haben.

Schlackensteine werden, dicht und porös, aus Abfällen der Eisenverhüttung hergestellt und haben in eisenindustriellen Gegenden sich einige, doch imganzen nur geringe Anwendung verschafft. Eine üble Eigenschaft derselben bildet ein Gehalt an Schwefel, der aus den Eisenerzen stammt. Ueber Luftdurchlässigkeit der Schlackensteine sind oben unter 3, S. 812 einige Angaben mitgetheilt.

Während bei den Erzeugnissen aus Luftmörtel der Grösse und der Form der einzelnen Stücke dadurch enge Grenzen gezogen sind, dass die Anfangsfestigkeit nur sehr gering, und die Erhärtungsdauer lang ist, kommen bei den Erzeugnissen aus dem rasch erhärtenden und in Kürze hohe Festigkeit annehmenden Stücken aus Portlandzement-Mörtel diese Rücksichten in Wegfall, und sind für sie daher sonst unerreichbare Abmessungen und Formen zulässig. Aus Portlandzement-Mörtel lassen sich daher sowohl Dachplatten von nur 1 cm und weniger Stärke als

auch massige Körper, wie z. B. Quader, volle und hohle Werkstücke aller Art, Treppenstufen, Sockel- und Gesimsstücke usw. herstellen, welchen für viele Bauzwecke der Vorzug eigen ist, dass sie beim Versetzen im Bauwerk trocken sind, keine nennenswerthe Anfeuchtung aus dem Mörtel und auch nicht bei Regenfällen mehr aufnehmen. Wo es auf besondere Feinheit des Aussehens ankommt wird dem Zementmörtel zuweilen Kalk- oder Gipsmörtel zugesetzt; die Haltbarkeit der Stücke wird dadurch aber vermindert. Bei Verwendung solcher künstlichen Steine ist daher im Vergleich zu Ziegelbau eine wesentliche Abkürzung der Bauzeit und eine entsprechende Verkürzung der Dauer, welche wegen der nothwendigen Trocknung bis zur Beziehbarkeit verstreichen muss, erreichbar. Von besonderem Werthe sind hier die Hohlformen, weil sie bei der grossen Dichtheit des Zementmörtels mit Luft erfüllte Räume enthalten, die gegen die Aussenluft so gut wie abgeschlossen, und daher für den Wärmeschutz höchst nützlich sind, viel nützlicher als bei Ziegeln, bei deren grosser Porosität der Wärmeschutz durch Hohlformen eine geringere Bedeutung hat. Mitbezug auf Fortpflanzung und Geräusch sind Werkstücke aus Zementmörtel vielleicht minderwerthig; doch ist Genaueres darüber bisher nicht sicher festgestellt. Das Moment der Feuersicherheit ist bei Verwendung zu Innenmauern nebensächlich, von Wichtigkeit aber bei Verwendungen von Bautheilen aus Zementmörtel zum sogen. Ausbau. Hierbei kommen infrage. plattenartige, ebene und gekrümmte Bautheile, die zu Deckenbildungen, zur Isolirung gegen Feuchtigkeit, zum Schutz gegen Grundwasser und endlich zur Sicherung von Eisenkonstruktionen gegen Feuersgefahr benutzt werden. Solche Platten sind theils voll, theils mit Aussparungen hergestellt, theils gehen sie unter dem Namen Monierplatten oder Monierbau. Letzterer ist durch Einlagen aus Draht, oder Eisenstäben, oder Formeisen charakterisirt, welche den Zweck erfüllen, nicht nur die Dicke der Platten zu verringern, sondern denselben auch die nöthige Widerstandskraft bei etwaigen Beanspruchungen auf Zugfestigkeit zu verschaffen. Bei Deckenbildungen ist wegen Vermeidung der Schwammgefahr, wegen der Abkürzung der Bauzeit, wegen Raumersparniss, wegen Formungsfähigkeit, endlich wegen der Feuersicherheit der Monierbau neuerdings in ausgedehnte Aufnahme gekommen und wird voraussichtlich in Zukunft noch eine viel grössere Ausdehnung gewinnen. Ein Mangel derselben ist starke Geräuschübertragung, die theils in der Dichtheit, theils in der geringen Körperlichkeit begründet ist. Dieser Mangel kann nur dadurch aufgehoben werden, dass man Wand- und Deckenbildungen mit doppelten Platten unter Belassung eines Hohlraumes ausführt, der u. Umst. mit einem schalldämpfenden Stoff, wie etwa Torfmull, oder ähnlichen nicht leicht Feuchtigkeit aufnehmenden Stoffen zu füllen wäre.

Unter den Bezeichnungen, Zementbretter, Zementdielen, kommen meist minderwerthige Erzeugnisse in Platten- oder Bretterform, bei denen der Billigkeit wegen anstatt reinen Zementmörtels ein mit Kalk- oder Gipsmörtel versetzter sehr magerer Mörtel verwendet ist, in den Verkehr.

Aehnliche, aber weniger weit reichende Zwecke wie mit Monierplatten, lassen sich auch mit dem sogen. Rabitzbau erfüllen, der aus Kalkmörtel mit Zusatz von Gips besteht und eine Einlage aus einem angespannten Drahtnetz hat. Der Rabitzbau, der ebenfalls einen hohen Grad von Feuersicherheit besitzt, eignet sich besonders gut für Bautheile, die, wie z. B. Thüren, auch gerade Decken, Wände, eine steife Umrahmung haben, an welcher das Drahtnetz befestigt wird. Mitbezug auf Uebertragung von Geräusch besteht wohl kein Unterschied gegen Monierbau.

Weniger hohe Ansprüche lassen sich mit Gipsdielen befriedigen, d. h. mit plattenförmigen Körpern bis zu etwa 10 cm Dicke und etwa 0,5 m Seitenlänge, die sowohl voll, als mit Hohlräumen hergestellt werden. Die meiste Eignung besitzen Gipsdielen zu Decken, in welchen sie anstatt der Staakung dienen, zu inneren Scheidewänden und als Wärmeschutzmittel von Aussenwänden geringer Stärke. Schnelligkeit der Erhärtung und rasche Trocknung sind Vorzüge, starke Schallübertragung und Wärmeleitung Mängel der Gipsdielen; ungebrauchsfähig sind Gipsdielen in feuchten Oertlichkeiten. —

Schilfbretter sind bretterartige Gipsdielen mit Einlagen aus Schilf oder anderen langfaserigen Stoffen; ihre Gebrauchsfähigkeit ist bei der geringen Festigkeit nur beschränkt.

Den Schilfbrettern nahe verwandt sind Spreutafeln: plattenartige Körper mit durchgehenden Oeffnungen, in welchem dem mageren Kalk- (oder Gips-) Mörtel minderwerthige Stoffe, wie z. B. Häcksel, Torffaser, Abfälle der Flachsbereitung usw., zugemischt sind. Spreutafeln haben geringes Eigenwicht; sie eignen sich zu Füllmaterial von Zwischendecken, zur Ausfüllung von Gefachen zwischen Dachsparren, aber auch zu leichten Scheidewänden, welche keine Lasten zu tragen haben, endlich als Wärmeschutzmittel; ihre Haltbarkeit ist aber gering.

Magnesitplatten sind bretterartige dünne Platten mit einer Einlage aus grobem Gewebe, das in Mörtel, aus dolomitischem Kalkstein erbrannt — auch wohl aus Gips — eingehüllt liegt. Eignung fast nur für Zwecke des inneren Ausbaues, da die Platten Witterungswechseln nicht widerstehen, vielmehr bauchig werden, oder Sprünge annehmen. Sie bedürfen als Träger ein Holz- oder Lattengerüst, gegen welches sie von beiden Seiten genagelt werden, und leisten bei dem vorhandenen Hohlraum Einiges inbezug auf Wärmeschutz.

3. Ziegel- und Ziegelmauerwerk.

Ziegel werden entweder durch sogen. Handstrich nass, oder mittels sogen. Strangpressen ebenfalls nass, aber auch aus Thon, der nur die natürliche Bergfeuchtigkeit enthält, geformt und entweder ohne Oefen, im sogen. Feldbrand, oder in Oefen verschiedener Befeuerungsarten erbrannt. Ueber besondere Einflüsse, welche auf die Beschaffenheit des Erzeugnisses, die Behandlung des Rohmaterials und die Brennweise einwirken, vergl. an anderer Stelle. Die Beschaffenheit der Ziegel wechselt in den weitesten Grenzen: mit Bezug auf die Form zwischen solchen von grossen Unregelmässigkeiten und rauhester Oberfläche, und andererseits solchen von ausserordentlich genauer Form und glattesten Flächen, mit Bezug auf Festigkeit zwischen solchen, die schon durch Reiben mit der Hand stark angegriffen werden und solchen, die fast glasige Härte zeigen, mit Bezug auf Porosität zwischen Steinen mit Grobporigkeit und solchen, die fast dichtes Gefüge zeigen. Es ist hiernach klar, dass das Verhalten der Ziegel gegen Wasser, Luft und Wärme die allergrössten Verschiedenheiten zeigen muss, und die betr. Zahlen nur als näherungsweise richtige Mittelwerthe aufgefasst, bezw. gebraucht werden dürfen. Einen gewissen Einblick in die hervorgehobenen Verschiedenheiten gewährt die nachstehende Tabelle:

Druckfestigkeit kg/qcm	Spezifisches Gewicht	Härte nach der Mohs'schen Skala	Wasseraufnahme in 12 Stunden Gewichtsprozente	Wasseraufnahme in 125 Stunden Gewichtsprozente	Gehalt an löslichen Salzen	Bemerkungen
			Gattung 1.			
589	2,036	7,8	6,8	7,0	0,134	Mittelzahlen
446—1364	1,634—2,413	5—9,5	0,03—14,8	0,04—15,5	0,008—0,528	Grenzen
			Gattung 2.			
320	1,799	5,9	12,5	13,3	0,143	Mittelzahlen
260—399	1,395—2,132	4—8	4,2—24,5	4,9—25,1	0,028—0,436	Grenzen
			Gattung 3.			
187	1,826	5,6	13,5	14,7	0,302	Mittelzahlen
99—248	1,434—2,200	4—8	5,2—26,8	5,9—27,1	0,016—0,720	Grenzen

Die Druckfestigkeit, ferner die Wasseraufnahme, welche innerhalb 12—24 Stunden stattfindet, endlich der Gehalt an löslichen Salzen bilden hiernach ziemlich brauchbare Eigenschaften für die Bestimmung der Güte von Ziegelsteinen; doch ist hinsichtlich der Wasseraufnahme zu bemerken, dass auch Ziegel

von scheinbar sehr dichter Struktur, ebenso wie fast gesinterte Steine, oft noch unerwartet grosse Wassermengen aufnehmen, die Beurtheilung allein nach der Wasseraufnahme daher ein sicher stehendes Urtheil nicht liefern kann. Da aber von der Menge des aufgenommenen Wassers die Austrocknungsdauer eines Neubaues sowie die Grösse der für frisches Mauerwerk etwa zu fürchtenden Frostschädigung abhängt, ist die Grösse der Wasseraufnahme dennoch ein Hauptkriterium für die Güte der Ziegel. Ueber Probungen auf Frostbeständigkeit und Widerstand gegen die Einwirkung von Säuren s. III, 9 Seite 829.

Ziegel werden theils als sogen. Vollsteine und theils als Lochsteine hergestellt. Lochsteine haben den Vorzug, dass sie beim Brande für die Hitze besser zugänglich sind als Vollsteine, daher mit vermehrter Schärfe des Brandes eine grössere Gleichmässigkeit in der Masse vereinen. Ebenso trocknen sie leichter, sind von geringerem Gewicht und haben mitbezug auf den Wärmeschutz bessere Leistungen aufzuweisen als Vollsteine wenn die Hohlräume gegen Ein- und Austritt von Luft gesichert sind, und auch Eindringen von Feuchtigkeit auf anderem Wege verhindert ist. Die thermischen Leistungen von Lochsteinen werden jedoch vielleicht bisweilen überschätzt. Einestheils ist es kaum möglich, den Austausch der freien Luft mit der in den Hohlräumen der Lochsteine befindlichen ganz zu verhindern, und es findet andererseits auch ein vielleicht bedeutender Wärmeverlust von Innen nach Aussen durch Strahlung von den die Hohlräume einschliessenden rauhen Flächen der Steine statt. Sind die Hohlräume mit feuchter Luft erfüllt, so ergiebt sich Vergrösserung der Wärmeverluste auch durch Leitung. Werden anstelle der Lochsteine Ziegel mit künstlich vergrössertem Porenvolumen verwendet, so ist mitbezug auf geringes Gewicht der Ziegel das gleiche Ergebniss, und mitbezug auf den Wärmeschutz wahrscheinlich ein besseres als bei Lochsteinen zu erwarten, da ein dichter Abschluss der Poren gegen Aussenluft leichter erreichbar ist als bei Lochsteinen und da auch die Widerstände, welche die Luft beim Ein- und Austritt zu überwinden hat, grösser werden. Die Herstellung von Grobporigkeit der Ziegel geschieht durch Zusatz leicht verbrennlicher Stoffe wie z. B. Torfmull, Häcksel, Abfälle der Flachsbereitung usw., welche Stoffe beim Erbrennen der Steine in Asche verwandelt werden.

Am wetterbeständigsten sind von Ziegeln die sogen. Klinker, worunter im strengen Sinne nur Ziegel verstanden werden, deren Masse beim Brennen vollständig gesintert ist; dies setzt eine besondere Beschaffenheit des Rohmaterials voraus, die nur in wenigen Oertlichkeiten angetroffen wird. Im weiteren Sinne bezeichnet man als Klinker besonders hartgebrannte und dichte Ziegel, mit nicht, oder nur in geringem Maasse gesinterter Masse.

Theils als Mittel um nicht ganz wetterbeständige Ziegel dauerhafter zu machen, theils auch aus schönheitlichen Rücksichten sind zwei in Anwendung: Tränken mit Kohlentheer und Glasirung. Ersteres Mittel ist nur von einigem Erfolg, wenn es mit hoch erhitzten Steinen und erhitztem Theer ausgeführt wird, wobei die Flüssigkeit tiefer in die Masse des Steines eingeführt und dadurch vor dem baldigen Verdunsten bezw. Auslaugen geschützt wird; eine nur an der Oberfläche haftende Haut aus Theer blättert infolge Ungleichheit der Ausdehnungskoeffizienten und weil die übrigen Bestandtheile des Theeres bald verflüchtigt werden, in kurzer Zeit ab, und um so früher von je geringerer Güte die Ziegel sind. — Glasur ist nur auf guter Ziegelwaare haltbar und blättert von mangelhafter Unterlage bald ab, wenn von der Rückseite oder auch von den Mörtelfugen aus Feuchtigkeit in einiger Menge hinter die Glasur tritt. Auch die Verschiedenheit der Ausdehnungskoeffizienten kann Zerstörung von Glasuren bewirken, und selbstverständlich kann die Zerstörungsursache auch in der Beschaffenheit der Glasur selbst und in der Herstellungsweise derselben liegen. Steine mit haltbaren Glasuren werden nur von einer beschränkten Anzahl von Fabriken geliefert.

Viel kann zum Schutz von Ziegelmauerwerk auch in der Formgebung und in gewissen Vorkehrungen beim Vermauern der Steine geschehen. Immer soll die Formgebung so erfolgen, dass nicht wagrechte Flächen entstehen, auf welchen Regenwasser sich sammeln und eindringen kann: Absätze im Mauer-

werk müssen daher durch steile Schrägflächen vermittelt, Gesimse und Wasserschläge unter Fenstern steil angelegt werden, damit Wasser rasch abläuft. Aus der Mauerflucht weit vortretende Bautheile müssen sogen. Wassernasen erhalten, die es verhindern, dass Wasser, sich an der Unterseite hinziehend, die Hinterfläche erreichen kann, ehe es abtropft. Wenn die Stilfassung flache Gesimse fordert, müssen dieselben eine wasserdichte Abdeckung erhalten, wozu am besten starkes Zinkblech benutzt wird. Abdeckung mit einer Putzschicht aus wasserdichtem Mörtel genügt nicht immer, da dieselbe infolge von Sackungen des Gebäudes, Schwinden, Bewegungen und Temperaturausdehnungen rissig werden kann. Ganz besondere Aufmerksamkeit verdient der sichere Schutz der Hauptgesimse vor dem Eindringen von Regen und Schneewasser, weil sich das Wasser auf den Gesimsen „massenhaft“ sammelt, von da aus tief in die Mauern einsickern und diese für lange Zeit feucht machen kann. Wesentlich ist bei derartigen Schäden die Konstruktion der Dachrinnen und Regenrohre betheiligt. Wichtig für Trockenheit, besonders von nach der Wetterseite gerichteten Mauern, ist, dass die Fugen volle Mörtelfüllung erhalten, was bei nachlässigem mauern, oder auch zu sparsamem Mörtelverbrauch leicht verfehlt wird, und dass ferner der Fugenverstrich nicht hinter der Mauerflucht liegt; es ist richtiger, denselben wulstartig um einige Millimeter gegen die Mauerflucht vortreten zu lassen und denselben aus wasserdichtem Mörtel herzustellen, um gegen das Eindringen von Regenwasser in das Mauerwerk von den Fugen aus das Mögliche zu thun. Zum Fugenverstrich darf andererseits jedoch nicht Mörtel benutzt werden, der besondere Härte und Sprödigkeit annimmt, weil es vorkommen kann, dass durch denselben Kantentheile der Ziegel abgesprengt werden.

Ueber die Beziehungen zwischen der Stärke und der Wärmeleitung von Mauern vergl. unter III, 5, S. 815. Wie die Wärmeleitung, so geht auch die Fortpflanzung von Feuchtigkeit von einer Mauerseite zur anderen etwa im umgekehrten Verhältniss der Mauerstärke vor sich. Wärmeschutz und Abhaltung von Feuchtigkeit, bestimmen, unter Hinzutritt der Anforderungen der Festigkeit und Standsicherheit, über die nothwendige Stärke der Gebäudemauern. Von einer gewissen Mauerstärke ab, welche an etwa $0{,}5^{m}$ liegt, nimmt der Wärmeschutz mit vermehrter Stärke nur noch sehr langsam zu und Aehnliches ist mit dem Schutz gegen Fortpflanzung von Feuchtigkeit von der Aussen- zur Innenseite der Fall. Da Gebäude von grosser Mauerstärke zwar im Winter warm, beim Eintritt der warmen Jahreszeit aber auch noch lange kalt sind, und sich deshalb an der Innenseite leicht Niederschläge von Wasser zeigen, da ferner die stärkere Mauer eine Verlängerung der sonst ausreichenden Austrocknungsdauer erfordert, und da endlich die Stärke von etwa $0{,}5^{m}$ bei Wohngebäuden von selbst grosser Höhe den Anforderungen der Festigkeit und Standsicherheit voll genügt, und die stärkere Mauer auch entsprechend höhere Kosten erfordert, so pflegt wenigstens bei Ziegelmauerwerk dieses Maass nicht leicht überschritten zu werden. Ausnahmen finden nur bei Gebäuden statt, die entweder aussergewöhnlich hohe Belastungen zu tragen haben, oder bei welchen, wie z. B. bei Kühlhäusern, der Wärmeschutz von ganz besonderer Bedeutung ist.

Uebrigens äussert auf den Wärmeschutz die Lage der Mauer (Wand) zur Himmelsrichtung bedeutenden Einfluss. Mauern, die nach Norden liegen, folgen in ihrer Temperatur nur der Lufttemperatur im Schatten und erleiden an der Innenseite auch bei einiger Stärke blos ganz geringe, und auch nur in längeren Zeitläuften vor sich gehende Wärmewechsel. Mauern, die gegen Osten und Westen gerichtet sind, empfangen viel grössere Mengen von Strahlungswärme, als solche, die nach Süden liegen. Diese beinahe auffällig erscheinende Thatsache erklärt sich daraus, dass die Sonnenstrahlen während längerer Zeit die Ost- und Westseite fast mit normaler Richtung treffen, während beim Hochstande der Sonne in Mittag südlich gekehrte Mauern von den Sonnenstrahlen nur berührt, oder unter sehr spitzem Winkel getroffen werden. Dies gilt für die Sommerzeit, während für die Winterzeit bei dem niedrigen Sonnenstande die Südseite, was Wärmezuführung betrifft, gegen die Ost- und Westseite sehr bevorzugt ist. Unter allen Lagen kommt daher für Wohnzwecke engeren Sinnes der Lage gegen Süden ein grosser Vorzug zu. Ein Umstand, indess, der bei

Würdigung der verschiedenen Lagen von Mauern zur Himmelsrichtung erheblich mitspricht ist die Dauer, welche zur Fortpflanzung der aus der Sonnenbestrahlung aufgenommenen Wärme von der Aussen- zur Innenseite erfordert wird. Gegen Osten gerichtete mittelstarke Wände erreichen an der Innenseite das Temperatur-Maximum erst von 7—11 Uhr Nachmittags, also um etwa 12 Stunden und länger verspätet, und es beträgt dasselbe im Vergleich zu Mauern mit Nordlage von 4—8⁰. Bei westlich gekehrten Mauern verzögert sich das Temperatur-Maximum um 7—10 Stunden und beträgt ebenfalls 4—8⁰. Bei südlich liegenden Wänden folgt das Temperatur-Maximum der stärksten Sonnenbestrahlung, um etwa ebensolange nach, wie bei der Ostlage, beträgt aber nur von 0—3⁰. Aus diesem Verhalten der Mauern gegen Wärme sind Folgerungen über die geeignetste Lage, wie z. B. die: dass Schlafzimmer an der Westseite sehr ungünstig, dagegen, umgekehrt, an der Ostseite sehr günstig liegen, zu ziehen, worauf indessen hier nicht näher einzugehen sein wird. Ebenso würden sich — hier unausgeführt bleibende — Folgerungen über Bemessung der Mauerstärken nach ihrer Lage zur Himmelsrichtung ergeben; die Praxis geht über dieselben zu Gunsten der einheitlichen Durchführung von Mauerstärken einfach hinweg. Nur kurz sei noch auf die Thatsache hingewiesen, dass Ungleichheiten der Temperatur der einen Raum umschliessenden Wände Ungleichheiten der Vertheilung der in diesem Raume vorhandenen Wärmemengen mit sich bringen, und dadurch sowohl die künstliche Erwärmung als den Luftwechsel störend beeinflussen. Was in gesundheitlichem Sinne aber noch ungünstiger wirkt, ist, dass Ungleichheiten in der Temperatur der verschiedenen Umschliessungen Ungleichheiten in der Abstrahlung der Wärme von den verschiedenen Seiten des Körpers bewirken wenn derselbe sich in der Nähe von zwei ungleich hoch temperirten Wänden befindet, die mindestens das Gefühl der Unbehaglichkeit hervorrufen.

Zur Verminderung der Wärmeübertragung von der einen Seite zur anderen und dadurch zur Erhöhung auch der Wärmebeständigkeit werden — als Ersatz für Lochsteine und poröse Ziegel — sogen. Luftschichten eingelegt. Dieselben dienen aber auch zur rascheren Austrocknung der Mauer und zur Abhaltung von Feuchtigkeit, die von der Aussenseite an die Mauer herantritt.

Was die allen genannten Zwecken am besten entsprechende Weite der Luftschicht betrifft, so steht darüber bisher nichts Näheres fest. Obwohl die Wärmeübertragung ruhender Luft sehr gering ist, äussert doch die Dicke der Schicht einigen Einfluss darauf; auch wird von der Weite der Feuchtigkeitszustand der in der Luftschicht enthaltenen Luftmenge und dadurch ebenfalls die Wärmeübertragung beeinflusst. Indessen sind für die Weite der Luftschicht andere wichtige Umstände, wie die Standfestigkeit der Mauern, die Tragfähigkeit derselben für Lasten, und der Verband der Steine, bestimmend. Nach diesen Rücksichten nimmt man die Weite von Luftschichten in Ziegelmauerwerk gewöhnlich zu etwa 6 ^{cm} an; in England sind 7,5 ^{cm} baupolizeilich als Höchstmaass festgesetzt.

Mitbezug auf die Lage der Luftschicht: ob in der Mitte, oder aus der Mitte verschoben, der einen oder anderen Seite der Mauer näher gerückt, kommt neben dem Verband sowohl der Wärmeschutz als die Abhaltung von Feuchtigkeit inbetracht.

Die Temperaturschwankungen sind im Freien viel grösser als in geschlossenen Innenräumen. Einen je grösseren Theil der Masse man also nach den Aussenseiten der Wand bringt, d. h. je weiter man die Luftschicht nach Innen rückt, um so beständiger in der Temperatur wird der isolirte Theil der Mauer sein. Es ist aber andererseits zu beachten, dass der aussen liegende Mauertheil der Durchfeuchtung ausgesetzt ist. Es erscheint darnach zweckmässiger, die Luftschicht aus der Mauermitte heraus der Aussenseite der Mauer zu nähern, nicht umgekehrt. Bei dieser Lage wird auch den Rücksichten auf Standsicherheit am besten entsprechen, da der innen liegende Theil der Mauer die Last der Balkenlage aufzunehmen hat; die Balkenköpfe können dann auch unmittelbar an die Luftschicht herantreten, also für Luftumspülung zugänglich liegen.

Anderweit wird zwar mit Rücksicht darauf, dass die dünnere Wand leichter austrocknet, empfohlen, die Luftschicht aus der Mitte heraus nach der Innenseite zu rücken. Dies erscheint aber wohl nur zweckmässig, wenn in Räumen sehr viel Feuchtigkeit erzeugt wird, die sich an den Wänden niederschlagen könnte, und wenn der abgesondert stehende innere Theil der Mauer genügende Tragfähigkeit für die Balkenlagen besitzt.

Bei 2 Stein starken Mauern würde die Aussendicke auf $^1/_2$ Stein, die Innendicke auf $1^1/_2$ Stein zu bemessen sein; an der Wetterseite würde sich die Eintheilung in $^3/_4$ Stein und $1^1/_4$ Stein mehr empfehlen. Bei $1^1/_2$ Stein Mauerstärke ist die Eintheilung unmittelbar vorgeschrieben. Bei nur 1 Stein starken Mauern wird man nicht anders können, als die Luftschicht in der Mauermitte anzuordnen. Es bleibt jedoch bei Mauern von so geringer und noch geringerer Stärke das bessere Mittel: Anwendung sogenannter Vorwände im Inneren der Räume, zur Verfügung. Vorwände sind aus plattenförmigem Material oder Putz auf Draht hergestellte, wenige Centimeter dicke Wände, die mit Belassung einer Luftschicht an der Innenseite der Mauer aufgestellt werden.

Es entsteht die Frage: ob es zweckmässig ist, die Luftschicht ununterbrochen durch die ganze Höhe einer Gebäudemauer hindurchreichen zu lassen, oder dieselbe in mehrere, für sich bestehende Abtheilungen zu sondern? Dazu Folgendes:

Luftschichten werden zuweilen nur für den Zweck angelegt, um die Trocknung des Rohbaues zu befördern; man lässt sie alsdann von unten bis oben durchgehen, und verbindet sie mit dem Freien, um Luftbewegung in ihnen zu erzeugen. Dieser Zweck wird jedoch in der Regel nur sehr mangelhaft erreicht, da oben und unten kein Antrieb für die Luftbewegung vorhanden ist. Um den Antrieb zu verbessern, wird die Luftschicht sowohl mit der freien Atmosphäre als mit der Luft des Innenraumes in Verbindung gebracht, dabei aber, um nicht schlechte Luft aus einem Geschoss in das andere zu führen, jedes Geschoss für sich behandelt. Auch für den vorübergehenden Zweck der Trocknung des Mauerwerkes ist die Luftschicht in der Höhe je zweier Geschosse zu unterbrechen und sind Verbindungen derselben, am Fusse mit der Innenluft, an der oberen Seite mit der Aussenluft, herzustellen.

Luftschichten mit Abschluss in der Höhe jedes Geschosses dienen den Zwecken des Wärmeschutzes und der Abhaltung von Feuchtigkeit am besten wenn eine kleine Vervollständigung hinzukommt. In der oben und unten offenen Luftschicht wird die Luft nicht ruhen, sondern in Bewegung sein; ihre Leitungsfähigkeit für Wärme ist dabei sehr erheblich viel grösser als im Ruhezustande. Da es aber nothwendig — jedenfalls sehr zweckmässig — ist, die vielleicht bei Regenwetter feucht gewordene Luft der Luftschicht gegen trockene auszuwechseln, so sind an den oberen und unteren Oeffnungen derselben bewegliche Verschlüsse anzubringen, die es gestatten, in der Luftschicht, je nach dem Wechsel des Zweckes, Ruhe oder Bewegung der Luft herzustellen. Die für jedes Geschoss gesondert behandelten Luftschichten sollen daher an beiden Enden dichte, bewegliche Verschlüsse erhalten, nicht aber mit Gittern verschlossen werden, die man an denselben oft angebracht sieht, zuweilen sogar mit Ausmündung in den Dachraum.

Wo mit Schwitzwasserbildung oder öfterer Durchfeuchtung der Aussenwand zu rechnen ist, also die in der Luftschicht vorhandene Luft häufigerer Auswechselung bedarf, wird man zur öfteren Auswechselung ein Uebriges thun, indem man die Luftschicht am oberen Ende mit einem warmen Rohr, dem Zuge eines Ofens, einer Küchenfeuerung usw. in Verbindung setzt. Doch ist hierbei Vorsicht nöthig, um nicht den angeschlossenen Räumen schlechte Luft zuzuführen.

Um der Bewegung der Luft möglichst geringe Hindernisse entgegen zu setzen, müssen die Seitenwände der Luftschicht mit vollen und glatt ausgestrichenen Fugen hergestellt werden. Es ist strenge darauf zu halten, dass beim Aufmauern nicht Mörtel und Steinbrocken in die Schicht hineingerathen, da solche sowohl an einzelnen Stellen hängen bleiben als auch am unteren Ende sich zu grösseren Mengen ansammeln und die Verbindung mit der Aussenluft versperren können. —

Die Standsicherheit der Mauer erfordert es, dass zu den Verbindungen der beiden, durch die Luftschicht gesonderten Dickentheilen besondere Verbindungen hinzukommen. Solche werden zweckmässig an den Stellen geschaffen, wo Innenmauern sich an die Aussenmauern anschliessen; die Luftschicht würde dabei für jede Aussenwand eines Raumes ein für sich bestehendes Ganzes bilden. Ueberschreitet die Wand eine gewisse Grösse, so sind weitere Verbindungen nothwendig. Diese können entweder pfeilerartige sein, wobei die Luftschicht in eine Anzahl mehr oder weniger breiter „Züge“ zerlegt wird; oder es kann die Verbindung mittels einzelner durchbindender Steine, wobei die Eintheiligkeit der Luftschicht erhalten bleibt, hergestellt werden. Die Einlegung von einzelnen Durchbindern ist am meisten gebräuchlich. Um dabei den inneren Wandtheil vor Feuchtigkeitszutritt zu schützen, werden zu Bindersteinen wohl Steine von grösserer Dichte (schärferem Brande) ausgesucht, oder dieselben auch durch Eintauchung in heissen Theer an den Oberflächen dichter gemacht; desgleichen verlegt man die Bindersteine wohl in Zementmörtel. Den meisten Schutz gewähren möglichst dichte Steine; die beiden anderen Mittel sind in der Wirkung ganz unzuverlässig. Am besten würden Bindersteine mit allseitigem haltbarem Glasurüberzug, oder auch Glasbausteine sein; ebenso gut würde sich aber auch Verbindung der beiden Mauertheile durch kurze Enden Bandeisen bewähren.

Den grössten Nutzen gewähren Luftschichten bei freistehenden kleinen Wohnhäusern; hier sieht man dieselben daher auch am häufigsten angeordnet, weniger oft bei städtischen sogen. Reihenhäusern. In zusammen tretenden Giebelmauern Luftschichten anzulegen, ist bei der ohnehin vorhandenen Isolirung überflüssig; hingegen würde die Anwendung von Luftschichten in den frei stehenden Mauern zweckmässig sein. Immer sollte man Kellermauern mit Luftschichten versehen, desgl. die frei stehenden Mauertheile, hinter denen Küchen oder andere Räume liegen, in welchen viel Feuchtigkeit erzeugt, oder viel mit Wasser umgegangen wird. Desgleichen sollten in den sogen. Brüstungsmauern unter den Fenstern von Wohnräumen Luftschichten niemals fehlen, da die Fenster-Brüstungsmauern gewöhnlich eine geringere Stärke als die Mauern an anderen Stellen erhalten und daher besonders stark abkühlen. Die gesuchtesten Plätze eines Wohnzimmers werden dadurch stark geschädigt und zu Stellen gemacht, bei deren Benutzung man leicht Gefahr läuft, sich Erkältungs-Krankheiten zuzuziehen.

Die Nützlichkeit der Anordnung von Luftschichten in Mauern und Wänden ist in neuerer Zeit mehrfach verneint worden, sowohl mitbezug auf ihre Leistungen gegen Durchtreten von Feuchtigkeit, als mitbezug auf thermische Leistungen. Häufig mag hierbei mangelhafte Ausführung die Schuld tragen. Dass eine Luftschicht für das Austrocknen einer Mauer Erhebliches leisten kann, ist sicher. Wird dieselbe bei trockener warmer, oder auch bei trockener kalter Witterung für den Luftdurchgang geöffnet, oder zieht künstlich erwärmte — nicht feuchte — Luft hindurch, so werden frischem oder von aussen feucht gewordenem Mauerwerk beträchtliche Feuchtigkeitsmengen in kurzer Dauer entzogen. Umgekehrt können aber auch mit feuchtwarmer Luft, oder infolge davon dass Regen durchschlägt, auf den die Luftschicht einschliessenden Flächen beträchtliche Mengen von Feuchtigkeit gebildet, und von da in die Mauern übergeführt werden. In diesen Thatsachen ist die Nothwendigkeit begründet, Luftschichten gegen Eintritt sowohl von Luft aus dem Freien als aus dem Gebäudeinneren sperrbar einzurichten und die Einrichtungen zum Absperren sorgfältig zu bedienen. Die Luftschicht kann aber Feuchtigkeit auch aus durchtretendem Regen und zwar sowohl bei zu wenig dichter Aussenwand, als durch Vermittelung der Bindersteine, welche die beiden Mauerhälften zusammenhalten, empfangen. Deshalb muss der Aussentheil der Wand aus möglichst dichten Steinen und in ausreichender Stärke hergestellt, auch aus wasserdichtem Mörtel aufgemauert, oder es muss — und dies ist die sicherste Ausführungsweise — die Mauer durch einen Behang aus Ziegeln, Schiefer usw., oder einen wasserdichten Putz gegen Zutritt von Feuchtigkeit geschützt werden. Lochsteine und poröse Ziegel sind zur Aussenhälfte der Mauer ein Nachtheil gegen dichte Ziegel, und zu Binder-

steinen ist nur bestes Material gebrauchsfähig; wo solches fehlt, sind zur Verbindung der beiden Binderhälften anstelle von Bindersteinen Glasbausteine oder kurze Enden von Bandeisen zu benutzen. — Die thermische Leistung der Luftschichten wird entweder dadurch geschädigt, dass die in der Luftschicht befindliche Luft in Bewegung, oder auch, und zwar in vielleicht noch höherem Maasse, dadurch, dass diese Luft feucht ist. Uebertragung der Wärme von der einen Hälfte der Mauer zur anderen findet aber auch durch Wärmestrahlung von den die Luftschicht begrenzenden Flächen statt, und es ist denkbar, dass da, wo die Strahlung durch begünstigende Beschaffenheit der Flächen (vergl. Seite 819 ff.) gross ist, die thermische Wirkung der Luftschicht auf ein Minimum herabsinkt. Hiernach sind günstige thermische Wirkungen einer Luftschicht in erster Linie durch dieselben Mittel zu erstreben, die oben als Mittel gegen Einführung von Feuchtigkeit in die Luftschicht angeführt wurden, und es ist ausserdem die Strahlung der dieselbe begrenzenden Mauerflächen zu beschränken. Auch wegen der für letzteren Zweck geeigneten Mittel vergl. a. a. O

Indem durch Hohlräume in Mauern und Wänden, und noch mehr durch Luftschichten nicht völlig kontrollirbare Verbindungen zwischen mehreren Räumen geschaffen werden, oder doch leicht entstehen können, ist es möglich, dass derartige Mauern u. Umst. zur Uebertragung von Krankheitsstoffen von einem Raum in einen anderen geeignet werden; ihre Anwendung mag daher z. B. bei Krankenhäusern ausgeschlossen sein.

Von nicht unwesentlicher Bedeutung ist schliesslich das Verhalten von Mauern mitbezug auf Fortleitung von Geräuschen (Schall). Hierbei muss, um zu einer gewissen Anschauung zu gelangen, zwischen Geräusch, das in den Mauern selbst (etwa durch Stoss mit einem harten Gegenstande) verursacht, und einem Geräusch, das an die Mauer durch die Luft übertragen wird, unterschieden werden. Erstere Geräusche werden um so stärker sein und um so weiter fortgepflanzt werden, je dichter das Mauermaterial ist, und umgekehrt. Geräusche, die durch Luft an eine Mauer übermittelt werden, dürften sich dagegen um so lauter fortpflanzen, je geringer die Masse (etwa die Dicke) der Mauern ist, oder auch je mehr Resonanz entsteht. Da Schall in Luft am schnellsten fortgepflanzt, und in sehr weite Entfernungen getragen wird, so dürften Mauern mit Hohlräumen, oder solche, die aus grobporigem Material mit Lufteinschlüssen bestehen, Geräusche erheblich besser leiten als volle Mauern. Im allgemeinen wird man sagen können, dass Mauern von einer gewissen Massenfestigkeit und nicht zu grosser Dichte, den geringsten sogen. Eigenklang und auch das geringste Vermögen der Geräuschübertragung besitzen, und Mauern von geringer Masse aber grosser Dichte sich in beiden Hinsichten am ungünstigsten erweisen.

4. Mauern, Wände usw. aus anderen Materialien.

Das Verhalten der Mauern aus natürlichen Steinen hängt mitbezug auf Wasseraufnahme und Wärmeleitung in einigem Maasse von dem Grade der Bearbeitung ab, den die einzelnen Stücke erfahren, weil dieser für die Mörtelmenge, welche die Mauer enthält, bestimmend ist. Je weniger weitgehend die Bearbeitung um so grösser die Mörtelmenge, und umsomehr folgt die Mauer dem Verhalten des Mörtels gegen Feuchtigkeit und Wärme, und umgekehrt.

Von den natürlichen Steinen sind es nur einige Gattungen, die zur Herstellung von Gebäudemauern anders als aushilfsweise inbetracht kommen als: Sandsteine, Kalksteine und einzelne von den plutonischen und vulkanischen Gesteinen.

Sandsteine nehmen vielfach grössere Wassermengen auf als Ziegel, sind daher auch kalt; viele Sandsteine stehen auch inbezug auf Wetterbeständigkeit guten Ziegelsteinen nach. Je mehr kieseliger Natur das Bindemittel zwischen den einzelnen Körnern ist, um so wetterbeständiger, je mehr kalkiger Art das Bindemittel, um so weniger wetterbeständig ist Sandstein. Nur die besten Sandsteingattungen eignen sich zu Mauern, welche Gelegenheit haben in erheblichem Maasse Feuchtigkeit aufzunehmen, wie z. B. Grund-, Keller- und Sockelmauern. Tränkungen mit Wasserglas, heissem Oel, Fluatirung, die zuweilen angewendet werden, um Sandstein wasserundurchlässiger, oder auch wetterbeständiger zu machen, geben häufig nur zweifelhaften Erfolg. Bei aufgehenden

Mauern aus Sandstein wird zweckmässig immer eine schwache Hintermauerung aus Ziegeln oder eine dünne Vorwand angewendet, welch' letztere gegen den Sandstein isolirt wird. Isolirung mit wasserdichtem Mörtel ist in der Wirkung unsicher, noch unsicherer ein Anstrich der Hinterseite der Sandsteinmauer mit Theer; mehr Erfolg ist von einer Luftschicht zu erwarten.

Kalksteine unterliegen der Verwitterung meist noch leichter als Sandsteine; doch giebt es einige sehr dichte Arten, die letzteren überlegen sind, daneben aber auch sehr stark poröse, wie z. B. Tuffstein. Besondere Angriffe erfahren Kalksteine durch kohlensäurereiche Luft und öfteren Wechsel von Nässe und Trockenheit. Deshalb sind die geringeren Gattungen zu Grund-, Keller- und Sockelmauern ungeeignet. Dichtere Gattungen können, wie Sandsteine, zu aufgehenden Mauern verwendet werden, sind aber, wie diese, kalt und bedürfen bei Wohnhausbauten ebenfalls einer Hintermauerung oder einer isolirten dünnen Vorwand.

Grössere Dichte und Wetterbeständigkeit besitzen die schweren plutonischen Gesteine, wie z. B. Granit und verwandte Steingattungen, die daher vielfach zu Sockel-Verkleidungen Verwendung finden; alle diese Gesteinsarten sind sehr stark wärmeleitend, daher kalt und mitbezug auf Wärmeschutz den Ziegeln weit nachstehend. Sie bedürfen bei Verwendung zu aufgehenden Mauern von Wohngebäuden ebenfalls der Isolirung gegen eine dahinter aufzuführende Ziegelwand, oder auch eine Vorwand von geringer Dicke. Um die Wetterbeständigkeit zu erhöhen wird die Oberfläche zuweilen geschliffen oder polirt, dadurch auch dichter und für das Eindringen von Wasser weniger leicht zugänglich.

Von den vulkanischen Gesteinen sind es nur Basalte, Laven und Tuffsteine, die zu Wohnhausbauten strichweise in einigem Umfange benutzt werden. Von dem Basalt gilt im allgemeinen dasselbe, was von den plutonischen Gesteinen angeführt wurde. Laven und Tuffsteine sind grobporig, nehmen daher leicht verhältnissmässig grosse Wassermengen auf, geben dieselben aber auch rasch wieder ab. Inbezug auf den Wärmeschutz verhalten sie sich günstiger als die bisher genannten natürlichen Gesteinsarten, wegen ihrer Feuchtigkeit jedoch bedürfen sie, wie diese, der Isolirung und der Hintermauerung mit Ziegeln. Mit Bezug auf Wetterbeständigkeit verhalten sich diese Gesteinsarten im allgemeinen günstig.

Zu Treppenstufen eignen sich nur die wenigen Natursteine, die in grossen Stücken brechen. Die härtesten Gesteine wie Granit, haben den Mangel glatt zu werden; auch sind Stürze auf Treppen aus solchem Material immer sehr gefährlich. In beiden Richtungen sind Treppenstufen aus Sandstein vorzuziehen; doch nutzen dieselben meist rasch ab und werden eben dadurch unsicher. Stufen aus Marmor bedürfen wegen ihrer Glätte eines Belags. Ueber den Widerstand, den einige Natursteingattungen gegen Feuer äussern, vergl. unter III, 10, Seite 832.

Mauern aus Beton ohne Hohlräume oder Luftschicht trocknen rasch, sind gegen Luft und Wasser fast dicht, aber stark wärmeleitend und daher kalt. Werden Betonmauern aus Quadern mit Hohlräumen hergestellt so bleibt die Eigenschaft der Dichtheit gegen Wasser und Luft fast ungemindert, während mit Bezug auf den Wärmeschutz ein günstigerer Zustand eintritt: Die Mauern sind weniger wärmeleitend und bewahren diese günstige Eigenschaft sicherer als Ziegelmauern, weil ein dichter Abschluss der in den Hohlräumen enthaltenen Luft gegen die Aussenluft viel besser gesichert ist als bei Mauern aus Ziegelsteinen.

Wände aus hölzernem oder eisernem Stielwerk mit Verkleidung aus Gipsdielen, Monierplatten, Rabitzbau, Magnesitplatten, Schilfbrettern, Spreutafeln usw. kommen füglich nur als innere Scheidewände inbetracht, und bieten daher vergleichsweise geringes Interesse. Welches ihre Wärmeleitung sei, hängt theils von dem Material, theils von der Konstruktion ab. Die spez. Wärme und die Wärmeleitung sind nur von wenigen der genannten Materialien bekannt, und noch weniger weiss man bisher über die Wärmeleitung ganzer Konstruktionen. Von Gipsdielen mit Hohlräumen ist bei der fast völligen Luftdichte des Gipsmörtels anzunehmen, dass sie wenig wärmeleitend sind; stärkere Wärmeleitung dürften die gleichfalls mit Hohlräumen ausgestatteten Spreutafeln

besitzen, und ebenso werden alle anderen genannten Materialien bei voller Form die Wärme stärker leiten als Gipsdielen mit Hohlräumen. Welches das Verhalten von daraus hergestellten Konstruktionen sei wenn dieselben mit innerem Hohlraum ausgeführt werden, lässt sich nicht sagen; sehr wahrscheinlich aber ist es, dass ein mit spezifisch leichten Materialien, die grosse Lufteinschlüsse enthalten (wie etwa Infusorienerde, Torfmull, Abfälle der Flachs- usw. Bereitung, Holzwolle usw.), ausgefüllter Hohlraum erheblich mehr zum Wärmeschutz leistet als ein mit Luft erfüllter Hohlraum. Aehnlich wie mit Bezug auf Wärmeleitung werden diese Konstruktionen sich auch mit Bezug auf Fortpflanzung von Geräuschen (Schalleitung) verhalten: auch hierüber liegen bisher Feststellungen nicht vor.

Unter gewissen Voraussetzungen lassen sich Hohlräume von Wänden für den Luftwechsel der Innenräume nutzbar machen. Eine bedenkliche Seite derselben ist aber immer, dass sie der Verbreitung von Schadenfeuern besonderen Vorschub leisten. Deshalb ist in vielen Bauordnungen die Anlage hohler Wände aus brennbarem Material entweder ganz untersagt, oder nur unter der Bedingung gestattet, dass der Hohlraum mit unverbrennlichen Stoffen gefüllt wird.

5. Hölzer und Holz-Konstruktionen des Aufbaues.

Ueber das Verhalten des Holzes gegen Feuchtigkeit und Wärme vergl. unter III, 4, 5, Seite 814 ff, über Schwindung und besondere Krankheiten des Holzes unter III, 6, Seite 821. Ergänzend ist hier nur nachzutragen, dass Wasser von allen Hölzern rasch aufgenommen wird, doch die Raschheit der Aufnahme nicht nur unter den verschiedenen Holzarten, sondern auch bei einer und derselben Holzart, je nach Herkunft, Alter, Abstammung aus den verschiedenen Theilen eines und desselben Stammes usw., stark wechselt. Beispielsweise braucht trockenes Eichenholz eine sehr viel längere Zeit zur Sättigung mit Wasser als trockenes Fichtenholz, und es dringt in derselben kurzen Anfangsdauer der Wasseraufnahme in Eichenholz nur etwa die Hälfte der Wassermenge ein wie in Fichtenholz.

In der Ungleichheit des Verhaltens derselben Holzart gegen Wasser, in den grossen Einflüssen, welche Bodenbeschaffenheit, Standort, Alter, Licht usw. auf die Struktur des Holzes ausüben, sind insbesondere die Mängel begründet, welche Holz bei manchen Verwendungen aufweist, und welchen durch Anwendung besonderer Vorsichtsmaassregeln nach Möglichkeit begegnet werden muss. Die hauptsächlichsten Mängel sind: krummer Wuchs, grosse Unregelmässigkeiten in der Lage der Holzfaser, Astbildung, ungleiche Zusammensetzung der Holzmasse je nach der Lage im Stamm, und daraus hervorgehende Möglichkeit der Ungleichheit von Schwindung, Härte, Abnutzung, kurz, fast allen Eigenschaften des Holzes, auf die bei der einen oder anderen Verwendungsweise zu Bauzwecken gerechnet wird.

Eigenschaften des Holzes, die in gesundheitlicher Hinsicht Werth besitzen, sind hohe Elastizität und geringer Eigenklang, üble Eigenschaften dagegen: Werfen, Schwinden, Reissen beim Trocknen, Verstocken bei Feuchtigkeit und unter Luftabschluss, leichte Entzündung usw. Auf das Maass, in welchem sowohl die günstigen als die ungünstigen Erscheinungen sich zeigen, äussern ausser den schon genannten natürlichen Einflüssen besonders folgende Umstände mehr oder weniger grosse Einwirkungen: Schlagzeit, Behandlungsweise des gefällten Holzes, Auswahl und Verwendungsweise.

Vorkehrungen bezw. Schutzmittel gegen spätere Schäden sind: möglichst vollkommene Austrocknung besonders solcher Hölzer, die später nicht vollständig vor Zutritt von Feuchtigkeit geschützt werden können, oder welche deckende Anstriche erhalten, bezw. durch andere Mittel vom Luftzutritt gesondert werden, Ausschliessung von Hölzern mit stärkerer Splintbildung, Einrichtung der Konstruktionen so, dass die Hölzer thunlichst an allen Seiten dauernd von Luft umspült werden, Tränkungen mit heissem Oel, Theer, Beseitigung der Eiweisstoffe des Holzes durch Auslaugen in Wasser, oder durch Dampf, mit oder ohne Ersatz derselben durch mineralische Stoffe (Imprägniren), deckende Anstriche, welche Feuchtigkeit abhalten. Um Entzündungen des

Holzes zu erschweren, leistet ein Anstrich mit Kalkmilch einige Dienste, grössere jedoch ein Wasserglasanstrich. Ein gewisser Schutz gegen Entzündungen kann schon in der Formgebung verarbeiteter Hölzer geschaffen werden: Je massiger die Stücke, und je weniger Angriffspunkte dem Feuer in aus dem allgemeinen Kontur heraustretenden Theilen geboten werden, umso mehr ist Entzündung erschwert; selbst blosse Behobelung der Holzflächen leistet einiges dagegen.

Unter den ungünstigsten Verhältnissen befinden sich im Hochbau Lagerhölzer unter Kellerfussböden und Mauerlatten, in recht ungünstiger Lage auch Holzbalken über Kellerräumen und unter höher liegenden Räumen, wenn in denselben, wie z. B. in Koch- und Waschküchen, Badestuben, Wasserklosets, viel Wasser verspritzt wird, oder in anderer Weise auf die Fussböden gelangt. Dauernde oder vorübergehende Gelegenheit Wasser aufzunehmen, bringt diesen Hölzern leicht den Untergang durch Verstocken, Vermodern, oder Auftreten des Hausschwammes, wenn nicht wirksame Gegenmittel angewendet werden, worüber auf S. 827 zu vergleichen ist. Vermoderndes Holz sendet muffigen Geruch aus; Balken und Staakhölzer sind überall durch Berührung mit nicht trockenem Deckenfüllmaterial, oder mit Mauern von nicht völliger Trockenheit gefährdet, am meisten, wenn die Hölzer selbst in nicht völlig lufttrockenem Zustande verbaut werden. Thunlichste Isolirung von dem feuchten Material, möglichste Verhinderung des Herantritts von Feuchtigkeit von aussen, Einrichtung zur dauernden Luftumspülung, sind Vorsichtsmaassregeln von grosser Bedeutung für die Erhaltung der Konstruktionen, wie auch gegen die Gefahren, welche der Gesundheit der Hausbewohnerschaft aus krankhaften Zuständen der Bauhölzer drohen.

Zu Gebäudewänden dienen Hölzer, entweder in Verbindung mit Stein, oder für sich allein.

Der gewöhnliche Fachwerkbau genügt in rauheren Klimaten den Ansprüchen, die an den Wärmeschutz eines Wohngebäudes gestellt werden müssen, nicht. Theils ist es die geringe Stärke der Wände, theils auch sind es die Undichtheiten, welche in den Berührungsflächen von Stein mit Holz leicht entstehen, welche den Fachwerksbau nach gewöhnlicher Ausführungsweise als sehr minderwerthig gegen Massivbau erscheinen lassen. Die auf dem Gebäudesockel liegenden Schwellhölzer sind leicht der Gefahr der Vermoderung ausgesetzt.

Sogen. Blockhäuser werden mittels Aufschichtung von Waldstämmen, die nur an zwei Seiten etwas beschlagen sind, aufgebaut, und die Fugen zwischen je zwei Stämmen durch Moos gedichtet; an der Innenseite erhalten die Wände eine Bretterverschalung, welche mit isolirenden Stoffen hinterfüllt werden kann. Der Blockhausbau, der in nordischen Ländern häufiger vorkommt, erweist dadurch, dass er auch höheren Ansprüchen, die in klimatischen Verhältnissen begründet sind, genügen kann. Ausser der Feuersgefahr, die aber etwas weniger gross ist, als man anzunehmen geneigt sein möchte, ist demselben der Vorwurf zu machen, dass bei der Eigenschaft des Holzes, Feuchtigkeit begierig aufzunehmen, die Luft der Räume stark ausgetrocknet wird, und auch von den Moosdichtungen der Fugen zu Zeiten muffigen Geruch annimmt.

Lufttrockenheit und Feuersgefahr sind aber bei den sogen. schwedischen Häusern in noch höherem Maasse als bei dem Blockbau vorhanden. Bei dieser Ausführungsweise bestehen die Häuser aus Stielwerk, nebst anderen zugehörenden Holztheilen, dessen Gefache an beiden Seiten mit Holztafeln so geschlossen werden, dass ein Zwischenraum verbleibt, der mit Wärmeschutzmitteln gefüllt wird. Die Innenseite der Wand kann Vertäfelung oder Tapetenbezug erhalten. Da die in den Wänden enthaltenen Holzmassen nur mässig gross sind erleiden Häuser nach der schwedischen Bauweise grosse Wärmewechsel; sie sind ausserdem sehr hellhörig, und endlich findet in den Hohlräumen Ungeziefer aller Art die mannichfachste Gelegenheit zur Ansiedelung. Lange Zeit hindurch wird die Bewohnerschaft durch das starke Knallen, das beim Reissen der Hölzer infolge der Austrocknung derselben entsteht, arg belästigt.

Aus eisernem Gerippe und Verbretterungen, die zwei- oder dreifach mit Zwischenraum angebracht werden, sind vereinzelt Häuser oder Räume für vorübergehende Zwecke geschaffen worden, die aber in gesundheitlicher Hinsicht nur sehr geringen Ansprüchen genügen wenn die Hohlräume der Wände

blos als Luftschichten wirken, d. h. ohne Ausfüllung mit einem Wärmeschutzmittel bleiben. Hierzu sind auch die aus Wellblech und innerer Holzverschalung hergestellten Baracken zu erwähnen, deren Innenraum selbst bei guter Ausführung sehr grosse Temperaturschwankungen erleidet.

6. Zwischendecken.

Es ist sicher festgestellt, dass aus den unteren Geschossen eines Wohnhauses Luft in die oberen übertritt, auch wenn keine andere Verbindung als die durch die Zwischendecken besteht. Ungeachtet der Thatsache, dass Kohlensäure schwerer als Luft ist, wird daher in den höher liegenden Räumen ein grösserer Kohlensäuregehalt der Luft angetroffen als in den darunter liegenden. Besonders gross wird die in die oberen Räume von unten aus hinein getragene Luftverschlechterung, wenn nahe unter Decke der unteren Räume sich Quellen für Erwärmung (und Kohlensäure-Erzeugung) finden; solche Quellen sind die Beleuchtungskörper.

Die nach oben mitgeführte Kohlensäure kann auch in dem Deckenfüllmaterial sich ansammeln und hier in mehrfacher Weise gesundheitsschädliche Wirkungen ausüben. Hoch erwärmte und mit Feuchtigkeit beladene Luft wird beim Durchgang durch die Decke, wenn das Material, aus der dieselbe besteht, weniger hoch erwärmt ist, oder wenn die eingeschlossene Luft weniger hoch gesättigt ist, hier Feuchtigkeit abgeben.

Von der Oberseite — dem Fussboden — aus können, wenn letzterer undicht ist, mit Staub oder Feuchtigkeit Verunreinigungen und Spaltpilze in die Decke eindringen, welche von hier aus zu Ursachen verschiedener, darunter auch spezifischer Gesundheitsschädlichkeiten, werden können. Insbesondere liegen Beobachtungen vor, nach welchen von den Zwischendecken aus eine Verbreitung des Schwindsuchts-Bazillus stattfinden kann. Es sind auch Fälle von sehr energisch verlaufenden Fäulnissvorgängen in Zwischendecken, und ebenso Anhäufungen von Stickstoffmengen in Zwischendecken angetroffen worden, deren Höhe geradezu in Erstaunen setzt. Es genügt, auf die besondere gesundheitliche Bedeutung derartiger Befunde hier kurz hinzuweisen, um die Ansicht zu begründen, dass für die Gesundheit einer Wohnung den Zwischendecken eine ganz besondere Bedeutung zukommt. Dabei ist noch von denjenigen Gesundheitsschädigungen abgesehen, die durch das so häufig zu beobachtende Auftreten von Hausschwamm in Zwischendecken entstehen. Genaueres kann in Emmerich „Die Wohnung" (Handbuch der Hygiene von v. Pettenkofer und v. Ziemssen) nachgelesen werden.

Die Zwischendecken nach der bisher meist gebräuchlichen Bauweise aus Holzbalken mit Stakung, mit Lehmverstrich der Fugen und einer mehr oder weniger hohen Aufschüttung aus losem Material, enthalten in letzterem gewöhnlich gewisse Mengen von organischem Stickstoff und Alkalien. Dieselben Stoffe, nebst anderen Verunreinigungen, wie z. B. von Ungeziefer und niederem Thierleben aller Art bewirkten, können nachträglich zum losen Füllmaterial durch Undichtheiten des Fussbodens gelangen; auf letzterem Wege findet leicht auch Feuchtigkeit Zutritt. Ist dieser erfolgt, oder beherbergt die Zwischendecke vom Bau her einige Feuchtigkeit, so sind bei den üblichen Temperaturen, die in Wohnräumen erhalten werden, alle Bedingungen erfüllt, um ein reiches Mikrobenleben in der Zwischendecke entstehen und sich dort entwickeln zu lassen, und in diesem auch gewissen spezifischen Schädlingen die Existenzmöglichkeit zu verschaffen.

Bedingungen, um Gesundheitsgefahren aus den Zwischendecken zuvorzukommen, sind daher:

a. Verwendung nur von Füllmaterial, das frei von organischem Stickstoff, von Alkalien und anderen Verunreinigungen ist. Das reine Füllmaterial muss auch im Zustande der Trockenheit eingebracht, oder, wenn dies nicht angänglich ist, nachträglich, aber bevor die Verlegung des Fussbodens stattfindet, sorgfältig getrocknet werden.

b. Das Deckenfüllmaterial darf nicht so feinkörnig sein, um Staub an die Raumluft abgeben zu können.

c. Der Fussboden muss dicht gegen Eindringen von Verunreinigungen und gegen Wasser hergestellt und der dichte Zustand dauernd erhalten werden. Hohlräume, die für Eindringen von Wasser oder Ungeziefer aller Art offen stehen, sind thunlichst ganz zu vermeiden.

d. Die Decke wird ohne Benutzung von losem Füllmaterial hergestellt. Auch in diesem Falle behält die unter b. ausgesprochene Bedingung Geltung, weil oft unter dem Fussboden ein Hohlraum bestehen bleibt, der Sammelstätte von unreinen Stoffen und Feuchtigkeit werden kann.

Ausser dauernder Reinheit muss von den Decken vom Standpunkt der Hygiene aus verlangt werden, dass sie möglichst wärmebeständig, wenig luftdurchlässig und nur in geringem Maasse geräuschübertragend sind, auch keinen lebhaften Eigenklang besitzen. Mehr nebensächlicher Art ist der Anspruch, dass sie nicht viel Licht verschlucken, sondern stark reflektirend wirken, um die Gleichmässigkeit der Lichtvertheilung im Raume zu befördern. Beide erstgenannten Forderungen werden am besten bei einer gewissen Massigkeit der Zwischendecke erfüllt. In dieser Hinsicht sind die Holzbalkendecken mit hoher Aufschüttung von losem Füllmaterial vielen neueren Zwischendecken-Konstruktionen, welche loses Füllmaterial nur in sehr geringer Menge, oder überhaupt nicht enthalten, überlegen. Die Lufteinschlüsse des besten trockenen geformten Materials mindern jedenfalls die Wärmeleitung erheblich; dass sie auch geräuschdämpfend wirken, ist aber wenig wahrscheinlich. — Das Verhalten der Decke gegen Licht hängt wesentlich von der Färbung der Untersicht ab; ist diese hell, so wird viel Licht zurückgeworfen, bei dunkler Färbung dagegen der grösste Theil des gegen die Decke gesendeten Lichtes verschluckt: am meisten bei blauer, brauner und schwarzer, am wenigsen bei weisser und gelber Färbung. — Ein selbstverständlicher Anspruch an die Zwischendecke ist der, dass sie gegen Uebertragung von Bränden von einem Geschoss auf das andere möglichst grossen Widerstand leiste. Diese Forderung schliesst diejenige ein, dass die Decke durch Feuer nicht leicht zum Einsturz gebracht werde.

Nach der unter a gestellten Anforderung gehören alle Bodenarten, welche Humus oder Alkalien enthalten, wie Gartenerde, auch Lehm, zu den schlechten Deckenfüllmaterialien; ganz zu verwerfen ist die leider vielfach bevorzugte Kohlenschlacke, weil sie fast immer mit Auswurfs- und anderen Abfallstoffen, Haaren usw., in stärkerem Maasse verunreinigt ist. Ebenfalls ganz zu verwerfen ist wegen der Gefahr, dass unreine Stoffe, bedenkliche Keime, Hausschwamm usw. eingeschleppt werden, auch Bauschutt; nur bedingt brauchbar sind Torfmull und Torfstreu, weil diese Stoffe im wesentlichen Humus sind. Wenn auch Lehm und Kohlenschlacke im völlig trockenen Zustande in chemischer Hinsicht einigermaassen einwandfrei sind, müssen beide Materialien doch beanstandet werden, weil sie durch Undichtheiten des Fussbodens und der Deckenuntersicht Staub und Mikroben an die Luft der Innenräume abgeben könnten. Das in jeder Hinsicht beste Deckenfüllmaterial ist reiner, nicht zu feinkörniger Quarzsand, oder auch feinkörniger reiner Kies. — Das Füllmaterial in nicht trockenem Zustande einzubringen, ist immer gefährlich, doch der Grad der Gefahr nach den Besonderheiten des Falles sehr wechselnd. Ist Sicherheit dagegen vorhanden, dass dasselbe nicht von Regen erweicht werden kann, oder im Fortgang der Bauarbeiten auf andere Art, wenn auch nur stellenweise, Nässe zugeführt erhält, ist ferner die Jahreszeit der Austrocknung günstig, und verbleibt bis zum Verlegen des Fussbodens auf der Decke ein Zeitraum, der zur völligen Austrocknung des Füllmaterials genügt, so mag man dasselbe ohne Furcht vor Schaden in feuchtem Zustande einbringen. Ebenfalls erscheint dies zulässig, wenn man völlige Austrocknung durch Heizen der Räume oder Einführung von Luft, die mittels Erwärmung auf geringen Feuchtigkeitsgehalt gebracht ist, erreichen kann. In allen anderen Fällen als den vorangegebenen empfiehlt sich Trocknung des Füllmaterials vor dem Einbringen desselben, wozu entweder längere Lagerung in trockenen Räumen und entsprechende Bearbeitung dienen kann, oder künstliche Trocknung auf erhitzten Platten, oder in rotirenden erwärmten Trommeln; es sind dazu verhältnissmässig einfache, und nur für den einzelnen Fall dienende Einrichtungen

ausreichend. Ein gewisser Schutz gegen nachträglichen Zutritt von Feuchtigkeit zu dem Füllmaterial, auch gegen Verstaubung, würde durch Bedeckung der Füllmaterialschicht mit Dachpappe oder einem anderen wasserdichten Stoff erzielbar sein. Das Mittel findet bisher aber wohl nur sehr selten Anwendung.

Die älteren Konstruktionen der Zwischendecken aus hölzernen Balken, Ausfüllung der Gefache zwischen denselben mit Staakung oder Wellerung, und Auffüllung mit einer stärkeren Lage aus losem, reinem und trockenem Füllmaterial, entsprechen, wenn ein dichter Fussboden den Zutritt von Wasser zu letzterem sicher verhindert, den Anforderungen die oben unter a—d aufgestellt sind, Alles in Allem genommen, vielfach besser als manche unter den neueren Deckenkonstruktionen, die in konstruktiver Hinsicht erheblich höher stehen. Bei ersteren verbindet sich mit dem Ausschluss der von Unreinheit des Füllmaterials drohenden Gefahren ein guter Wärmeschutz, geringe Hellhörigkeit und eine keineswegs geringe Feuersicherheit. Ein Uebelstand aber, der nicht von dieser Konstruktion getrennt werden kann, ist der, dass sie leicht dem Eindringen und der Ansiedelung von Ungeziefer aller Art offen steht, wodurch die Möglichkeit der Uebertragung von Krankheiten vermehrt ist. Voraussetzung für eine günstige Beurtheilung ist aber, dass die Schichthöhe des Füllmaterials nicht unter etwa 15 cm betrage, d. h. erheblich grösser sei, als vielfach üblich ist, da auch Holzbalkendecken vorkommen, in welchen die Schichthöhe nur etwa 5—6 cm beträgt. Zwischendecken mit so geringer Ausfüllung enthalten an der Unterseite einen Hohlraum von etwa der halben Balkenhöhe, der mitbezug auf Wärmeschutz und Schallübertragung zwar Einiges, doch nur Ungenügendes leistet und auch die Feuersicherheit der Decke erheblich herabsetzt.

In neuerer Zeit ist eine gewisse Verbesserung der Holzbalkendecken dadurch erreicht worden, dass man als Träger des losen Füllmaterials die hölzerne Staakung oder Wellerung durch Gipsdielen, Schilfbretter oder Spreutafeln ersetzt. Der Gewinn besteht darin, dass die Decke gegen Schwamm und Feuer sicherer und auch die Austrocknungsdauer abgekürzt wird. Bei der grossen Aufnahmefähigkeit, die Gipsmörtel für Wasser besitzt, (vergl. unter III, 2, Seite 810) ist aber eine mit Gipsdielen hergestellte Decke von der Gefahr, nachträglich feucht zu werden, nicht ganz frei. Wahrscheinlich ist auch die Wärmeleitung einer solchen Decke grösser als bei Holzstaakung oder Wellerung, dagegen die Hellhörigkeit etwas verringert.

Aehnlich in Konstruktion und Wirkung sind Deckenbildungen mit Holzbalken, bei welchen zwischen den Balken als Träger der Schüttung aus losem Füllmaterial ein Drahtnetz mit Mörtelbewurf ausgespannt wird (Rabitzbau, Terrast usw.).

Verglichen selbst mit guten Ausführungen einer Holzbalkendecke der im Vorstehenden unterstellten Bauweise sind neuere Bauweisen, bei welchen loses Füllmaterial nicht, oder nur in ganz minimaler Menge nebensächlich (nur zum besseren Ausgleich) verwendet wird, erheblich im Vorzuge. Bei denselben wird die Staakung oder Wellerung durch Schwemmsteine, Korksteine, Hohlziegel oder poröse Ziegel ersetzt und kann loses Füllmaterial bis auf eine dünne Schicht, die nur zum Abgleich dient, entbehrt werden. Wird ein Steinfussboden oder ein Estrich aufgebracht, so fällt selbst die düne Abgleichschicht fort.

Seit die Eisenindustrie der Bautechnik Träger und andere Profilformen gegen mässigen Preis zur Verfügung stellt, hat sich, theilweise auch gefördert durch die häufig gesteigerten Ansprüche an Tragfähigkeit und an Feuersicherheit der Konstruktionen der Bau der Zwischendecken in der Richtung weiter entwickelt, dass an die Stelle der Holzbalken eiserne Balken oder verwickeltere Formen von Eisenkonstruktionen getreten sind und in Verbindung damit, theilweise dadurch erst ermöglichte Herstellung der Decken in Massivbau aus Ziegeln oder Zementbeton. Die Zahl der aufgetretenen neuen Formen ist eine ausserordentlich grosse; es wird wegen den Einzelheiten derselben auf den betr. Abschnitt des Buches Bezug genommen. Insoweit als bei den neuen Formen die Gefahren der Schwammbildung und Verunreinigungen von aussen vermieden, als die Feuersicherheit erhöht, die Luftdurchlässigkeit vermindert, die Trockenheit der Decken besser gesichert, das Einbringen von Wasser in das Gebäude erheblich eingeschränkt

und dadurch die Dauer der Austrocknung abgekürzt, endlich auch insoweit als dem Eindringen von Ungeziefer in die Decken wirksam gesteuert ist, können den neuen Deckenformen bedingungslos Vorzüge vor der Holzbalkendecke nach gewöhnlicher Ausführungsweise beigelegt werden. Dagegen steht einem anderen oft als wesentlich hingestellten Vorzuge: dass die neuen Formen weniger Höhe erfordern und dadurch eine gewisse Ersparniss an den Baukosten zulassen, als Mangel der gegenüber: dass Wärme- und Geräusch-Uebertragung bedeutend erhöht sind, auch die neuen Decken oft einen erheblichen Eigenklang besitzen.

Da das Hygienische der Zwischendecken in unmittelbarem Zusammenhange mit der Fussbodenkonstruktion steht, muss auch letztere einer Anzahl von Ansprüchen genügen. Welcher Art diese sind und in welcher Weise die Erfüllung derselben zu sichern ist, wird in Folgendem noch kurz angegeben.

Bei dem grossen Schwindmaass, welches Holz besitzt, und seiner Neigung zum Werfen müssen die Bretter von Holzfussböden vor dem Verlegen möglichst vollkommen ausgetrocknet sein. Nur wenn dies der Fall, dürfen dieselben einige Breite haben; wenn auch nur noch wenig Feuchtigkeit vorhanden ist müssen möglichst schmale Bretter gewählt werden, zwischen welchen nicht so weite Fugen als zwischen breiten entstehen können, und bei denen auch Werfen nur im geringeren Grade möglich ist. Möglichst sollten nur sogen. Harthölzer zu Fussbodenbrettern benutzt werden, oder Hölzer mit reichem Harzgehalt. Darnach sind am besten Pitch pine und Yellow pine, sowie das einheimische Kiefernholz geeignet. Auch Eichenholz ist gut brauchbar, weniger gut Buchenholz; Fichtenholz ist auszuschliessen.

Gute Dienste gegen Eindringen von Feuchtigkeit in die Poren des Holzes leistet ein Oelfarbenanstrich. Es ist aber wichtig, denselben nicht früher aufzutragen als bis das Holz selbst und das Deckenfüllmaterial möglichst trocken geworden sind, weil, wenn dieser Zustand nicht erreicht ist, Austritt der Feuchtigkeit gehindert ist und dann Werfen der Bretter eintreten muss. Dieselbe Gefahr, die mit dem zu frühen Auftragen eines Oelfarbenanstrichs verbunden ist, bringt auch die zu frühe Anwendung eines Linoleumbelags mit sich, der da, wo Feuchtigkeit von unten aus Zutritt finden kann, ausgeschlossen sein muss. Weniger gefährdend ist die Tränkung des Fussbodens mit Firniss.

Die Hirnenden der Fussbodenbretter hart gegen eine Aussenmauer treten zu lassen, ist wegen der Gefahr, dass hier leicht Feuchtigkeit aufgenommen wird, unzulässig. Es entsteht, oder vergrössert sich dann freilich die andere Gefahr: dass an der Mauer eine Spalte bestehen bleibt, in welche Feuchtigkeit eindringen kann; daneben wird durch die Spalte die Schalleitung der Decke bedeutend gefördert. Gegen diese Misstände muss in einer sehr sorgfältigen Herstellungsweise der Fuss- oder Scheuerleiste Abhilfe gesucht werden.

Um für die durch Schwinden und Werfen des Holzes entstehenden Gefahren Abhilfe schaffen zu können, hat man Konstruktionen erdacht, bei denen der Fussboden leicht aufnehmbar und — unter Dichtung der Fugen — von neuem verlegbar ist. Solche Konstruktionen haben sich aber aus erkennbaren Gründen bisher keinen grösseren Eingang zu verschaffen gewusst. Der gewöhnliche Weg zur Beseitigung entstandener Fugen ist der: dass dieselben mit Kitt gefüllt, oder auch „ausgespahnt“ werden. Bei geeigneter Fugenweite ist nur ersteres Verfahren anwendbar und erfüllt auch den Zweck. Bei grösserer Weite bleibt nur die Ausspahnung möglich, welche, wenn strengere Anforderungen gestellt werden, mit Hirnholz ausgeführt werden muss, dessen Schwindmaass minimal ist; man ermässigt dasselbe praktisch auf Null, indem man die einzusetzenden Spähne (Streifen) vorher mit Firniss tränkt.

Ganz einwandfreie Fussböden lassen sich weder in der Form der sogen. Dielenfussböden, noch in der — besseren — Konstruktionsweise der sogen. Riemenfussböden herstellen; letztere fallen aber bei Verlegung in eine Asphaltschicht bei guter Herstellungsweise tadellos aus. Zu Riemenfussböden in Asphalt wird aber unwandelbare Unterlage erfordert, deren Herstellung auf Balkenlage nicht gerade einfach ist. Bei der raschen Abkühlung des Asphaltes, und wegen der Gefahr des Werfens müssen die Riemen in kurze Längen (0,60—0,75 m) ge-

schnitten werden. Ohne Asphaltunterlage hergestellt wird Stabfussboden, auf einem sogen. Blindboden verlegt.

Auf hölzernen Decken lassen sich auch Fliesenfussböden verlegen, wenn auf Deckenfüllung und Balken eine isolirende Schicht, zunächst aus Sand und daneben zwei Lagen Dachpappe, gebreitet werden. Für Krankenräume, Küchen, Flure usw., überhaupt alle Räume, in denen viel mit Wasser umgegangen, oder die Reinigung nass ausgeführt wird, ist dies die gesundheitlich beste Fussbodenkonstruktion. Estriche bleiben auf Holzbalkendecke nicht leicht rissefrei.

Neben Stabfussböden, in Asphalt verlegt, ist der Parkettfussboden (auch Tafelparkett genannt), welcher immer einen Blindboden erfordert, eine relativ vollkommene Konstruktion, weil bei ihm dem Schwinden und Werfen einigermaassen vorgebeugt ist, zu demselben auch nur Hartholz verwendet wird. Deshalb hält sich dieser Fussboden von Staub und Schmutz frei und bedarf aus diesem Grunde wiederum der eigentlichen nassen Reinigung nicht; blos feuchte Reinigung genügt.

Für geringwerthigen Fussboden ist die nasse Reinigung aus unmittelbar wirkenden Rücksichten nicht zu entbehren, aus mittelbar wirkenden gesundheitlichen Rücksichten jedoch ein Uebelstand. Ihre Nothwendigkeit wird aber neuerdings durch in längeren Zwischenräumen stattfindendes Bestreichen des Fussbodens mit sogen. Stauböl (dustless oil) wesentlich eingeschränkt. Diese Behandlung bewährt sich nach bisher vorliegenden Erfahrungen bei Fussböden, die sonst häufiger nasser Reinigung bedürfen, sehr.

Die Wirkung des „dustless oil" macht sich besonders in der Richtung geltend, dass ein mit demselben behandelter Holzfussboden für lange Zeit die Fähigkeit hat, Staub festzuhalten, d. h. Aufwirbelungen desselben beim Betreten des Fussbodens zu verhindern; entsprechend wird dadurch die Ausbreitung von Keimen in der Zimmerluft herabgesetzt. Prof. Wernicke, Direktor des hygienischen Institutes in Posen, hat eine grosse Anzahl von Versuchen über Benutzung von „dustless oil" auf den Fussböden von Schulzimmern ausgeführt und das Ergebniss seiner Arbeiten, wie folgt, zusammengefasst. (Gesundheit No. 22, Jahrgang 1902):

Das dustless oil ist ein vortreffliches Mittel, um den (Luft-) Staub in den Schulen zu vermindern, und verdient deswegen in solchen Schulen eingeführt zu werden, in welchen wegen mangelnder Mittel die Verbesserung des Fussbodens, die Beschaffung umlegbarer guter Bänke, und die Einführung täglicher feuchter Reinigung zurzeit noch nicht möglich ist. Das dustless oil stellt so ein nicht zu unterschätzendes Mittel für die Verbesserung der Schulhygiene, auch im Kampfe gegen die Infektionskrankheiten dar, und es erleichtert und verbessert die Reinigungsmöglichkeit.

Die Geltung dieses Ausspruches ist selbstverständlich nicht auf Schulen-Fussböden beschränkt, sondern trifft für vielbetretene Fussböden überhaupt zu.

7. Unterkellerungen von Wohnräumen, Dachgeschoss und Dachdeckung. — Treppenhaus.

Das Kellergeschoss hat in gesundheitlicher Hinsicht den doppelten Zweck zu erfüllen, ein isolirendes Zwischenmittel zwischen dem Baugrunde und den darüber liegenden Wohngeschossen zu bilden, sowie zu Vorrathszwecken für die Haushaltsführung zu dienen, wozu Kellerräume vermöge ihrer vergleichsweise geringen Temperaturhöhe und Temperaturbeständigkeit besonders geeignet sind.

Anlage von Wohngebäuden ohne ein Kellergeschoss bringt leicht gesundheitliche Schäden für die Wohnungen mit sich, theils weil es dabei möglich ist, dass Grundluft und Feuchtigkeit unmittelbar Zutritt zu den Wohnräumen gewinnen, theils weil den Wohnungen alsdann Räume fehlen, die bei guter Herstellung in besonderem Maasse für den wichtigen Zweck der Aufbewahrung von Nahrungs- und Genussmitteln geeignet sind, die sich in oberirdisch liegenden Räumen nicht in gleicher Güte schaffen lassen.

Findet aus besonderen Gründen nur eine theilweise Unterkellerung von Wohnräumen statt — ein Fall, der bei kleinen Einzelhäusern aus Sparsamkeits-

rücksichten öfter eintritt — so ist es dringend zu empfehlen, den Fussboden des Erdgeschosses so hoch zu legen, dass unter den nicht unterkellerten Theilen des Grundrisses freie Räume von genügender Höhe verbleiben, die von den anstossenden Kellerräumen aus zugänglich zu machen sind, auch um Luftwechsel in denselben herzustellen. Dies geschieht durch Luft-Verbindungen einerseits mit dem Freien und andererseits mit den benachbarten Kellerräumen oder, besser, mit Schornstein- oder warmliegenden aufsteigenden Rohren. Wo solche Einrichtungen zum Luftwechsel fehlen und nicht völlige Trockenheit des Grundes besteht, ist grosse Gefahr vorhanden, dass an Holztheilen der darüber liegenden Decke bald Schwamm auftritt, ferner dass Grundluft, die immer sauerstoffärmer und kohlensäurereicher als die Luft des Freien ist, von unten aus Zutritt zu den Wohnräumen gewinnt. Dass gegen gelegentliches Eindringen von Wasser von der Seite aus zu dem in den Hohlräumen liegenden Bodenmassen vollkommen sichernde Einrichtungen getroffen werden müssen, ist selbstverständlich, wie ebenso die Anforderung, dass der Hohlraum für Ungeziefer und Thiere niederer Art sorgfältig abgesperrt werde.

In Baupolizeiordnungen findet sich vielfach die Vorschrift, dass der Flur eines vorhandenen Kellergeschosses 30 oder 50 cm über dem höchsten bekannten Grundwasserstande liegen soll. Diese Forderung ist gewöhnlich aus dem Grunde inhaltlos, dass über jenen Grundwasserstand keine Kenntniss besteht. Und wo dies etwa der Fall ist, würden die angegebenen Maasse leicht ungenügend sein, weil in Boden, welcher humusreich ist, auch in Sandboden, das Grundwasser durch Kapillarkraft leicht 30 und selbst 50 cm gehoben werden kann. In einem solchen Falle müsste daher der Vorschrift einer bestimmten Höhenlage eine Vorschrift über wasserundurchlässige Herstellung des Fussbodens hinzutreten. Strengeren Anforderungen der Gesundheitspflege genügt aber auch diese Herstellungsweise noch nicht, da ein für Wasser undurchlässiger Fussboden noch nicht für Luft undurchlässig ist. Und der Luftdurchgang durch Kellerfussboden erfährt in kalter Jahreszeit wegen der Heizung der nahe dem Keller liegenden Wohnräume, die den Räumen, Mauern und Wänden des Hauses eine beträchtlich höhere Temperatur verschafft, bedeutende Förderung. Soweit genaue Beobachtungen gemacht worden sind, zeigt sich immer, dass vermöge der Herkunft eines Theils der Kellerluft aus dem Grunde, dieselbe einen höheren Kohlensäureantheil hat als die Luft des Freien.

Wie gegen den Zutritt von Grundwasser müssen Keller auch gegen gelegentliches Eindringen von Strassenwasser und, wo Anschluss an eine unterirdische Entwässerung besteht, gegen Rücktritt von Wasser aus den Strassenkanälen gesichert sein. Beiden Ansprüchen ist am leichtesten in höheren Lagen des Geländes, oder durch eine gegen das umgebende Gelände erhöhte Stellung des Gebäudes zu genügen. Wo keine dieser Voraussetzungen erfüllbar ist sind mehr oder weniger künstliche Vorkehrungen nothwendig. Gegen Eindringen von Strassenwasser bei Ueberschwemmungen ist durch Anlage von erhöhten Kränzen vor den Kellerfenstern und anderen Zugängen von aussen Schutz zu schaffen; gegen Rücktritt von Kanalwasser muss in die Anschlussleitung eine Einrichtung zum Absperren eingebaut werden. Einrichtungen hierzn, die absolute Sicherheit gewähren, sind aber bisher nicht bekannt; solche, die selbstthätig arbeiten, sind am unzuverlässigsten; doch bestehen nach den Verschiedenheiten der Konstruktion erhebliche Unterschiede in der Güte der Leistungen. Die geringste Sicherheit gewährt die vielfach in Anwendung stehende einfache Rückstauklappe. Absperrvorrichtungen, die von Hand bethätigt werden müssen, werden vielleicht nicht rechtzeitig bedient, und bei zur Nachtzeit eintretenden Regenfällen mag die Bedienung ganz unterbleiben. Ueberall, wo entweder mit Unwirksamkeit der Absperrvorrichtung, oder mit nicht rechtzeitiger Bedienung gerechnet werden muss, ist es dringend anzurathen, Ausgüsse im Kellergeschoss entweder gar nicht, oder doch so hoch anzulegen, dass Austritt von Kanalwasser unmöglich ist. Von einer gewissen Tiefenlage der Kellersohle an ist dies das einzige Mittel, das zur Verfügung bleibt. Unter allen Umständen ist jedoch dasselbe minderwerthig gegenüber einer vorhandenen Möglichkeit, die tiefste Abflusstelle in, oder noch ein wenig unter Kellerflurhöhe anzulegen, sodass der Abfluss von dieser frei erfolgt, ohne dass mit der Ueberfluthungs-Gefahr gerechnet zu werden braucht.

Sehr häufig sind Kellerüberschwemmungen, die durch mangelhafte Ableitung des Dachwassers durch Regenrohre verursacht werden. Die Ursachen können in Verstopfung der Regenrohre durch mitgeführte Stoffe, Einfrieren der Regenrohre im Winter, Schadhaftwerden derselben, aber auch in der fehlerhaften Wahl der Anschlusstelle eines Regenrohres an die zum Strassenkanal führende Ableitung liegen. Immer muss die Anschlusstelle so gewählt werden, dass ein etwaiger Aufstau in dem Regenrohre oder Störung der Thätigkeit desselben eine Rückwirkung auf die Thätigkeit der häuslichen Abflussleitung nicht zu äussern vermag.

Gebäude, die an Berglehnen errichtet werden, erhalten im Keller leicht sogen. Bergwasser. Am besten wird dasselbe dadurch abgehalten, dass man das Gebäude gegen den Berg freistellt, und am ganzen Umfange des ersteren einen verdeckten Graben mit wasserdichter Fassung herumführt, dessen Sohle 15—30 cm tiefer als der Kellerflur liegt.

Die für Schutz der Keller gegen seitlich zutretende Feuchtigkeit zweckmässigen Einrichtungen sind im Abschnitt I des Buches ausführlich behandelt, auf welchen hier verwiesen wird. Dasselbe gilt mitbezug auf Abhülfsmittel gegen vorhandene Feuchtigkeit der Kellermauern.

Wichtig für die gesundheitliche Beschaffenheit von Kellerräumen sind Einrichtungen zum wirksamen Luftwechsel, wie z. B. Anschluss an warm liegende Rohre. Lüftung durch Oeffnung von Fenstern allein ist in dem Falle meist unzureichend, dass sie nicht in der Form der sogen. Zuglüftung eingerichtet wird, d. h. so, dass den zu öffnenden Fenstern andere nach aussen führende Oeffnungen möglichst unmittelbar gegenüber liegen. — Bei dem Einlass warmer Luft in Kellerräume im Sommer muss Niederschlagen von Feuchtigkeit an den Wänden gefürchtet werden. In solchen Zeiten wird die Lüftung am besten durch Offenstehenlassen der Fenster während der Nachtstunden bewirkt.

Je weniger tief die Kellersohle unter der Höhe des anstossenden Geländes liegt und je grösser die lichte Höhe des Kellers, um so günstiger ist die gesundheitliche Beschaffenheit eines Kellers zu beurtheilen; Bauordnungen aus neuerer Zeit schreiben daher ein Maximum von 1 m bis höchstens 1,50 m Eintauchungstiefe des Kellers, verbunden mit einer Höhenlage des Fenstersturzes von 1,50 bezw. 1 m über der Höhe des davor liegenden Geländes vor, oder verlangen bei geringerer Höhenlage des Fenstersturzes die Anlage eines durchgehenden Lichtgrabens vor der Fensterseite.

Dem obersten Geschoss eines Hauses gegenüber erfüllt der Dachraum ähnliche Zwecke wie die Kellerräume dem Erdgeschoss gegenüber. Die Dachdeckung entspricht dem Kellerflur. Deshalb ist, ebenso wie der Fortfall eines Kellergeschosses, auch der Fortfall des Dachgeschosses eine mangelhafte Einrichtung, die aber, ebenso wie jene, zuweilen angetroffen wird. Denn, wenn die Decke des obersten Geschosses gleichzeitig die Dachdeckung bildet, so sind Wärmeschutz und Wärmebeständigkeit immer nur gering. Die Anlegung eines Dachraumes empfiehlt sich aber auch aus dem anderen Grunde: dass nur dabei der Schutz der Holztheile des Daches gegen Feuchtigkeit und Schwammbildung gesichert, auch Schäden am Dache leichter auffindbar und ausbesserungsfähig sind, als wenn ein Dachraum fehlt. Unterschalungen des Daches aus Holz- oder Mörtelplatten ist der Vorwurf zu machen, dass sie die Auffindung schadhafter Stellen an der Dachdeckung erschweren. Dasselbe gilt von Ausfüllung der Felder zwischen den Dachsparren mit Korksteinen, Spreutafeln, Gipsdielen usw. und in noch verstärktem Maasse, wenn — zum Wärmeschutz — der zwischen der Dachdeckung und der Unterschalung vorhandene Hohlraum mit losen Materialien, wie z. B. Torfmull, Häcksel, Sägespähnen usw. gefüllt wird. Wo der Dachraum als Ort für Aufbewahrung von Gegenständen des Haushaltes entbehrt werden kann, mag man demselben so wenig Höhe geben, als sich mit den Rücksichten auf Haltbarkeit des Dachdeckungsmaterials und der Sicherheit gegen Durchregnen verträgt, bezw. als nöthig ist, um die Ausführung von Reparaturen am Dach von der Unterseite aus zu ermöglichen.

Die Dachneigung ist mit Bezug auf den Wärmeschutz gleichgültig, und nur mitbezug auf Sicherheit gegen Durchregnen von Belang; hierzu ist alles Betreffende

in den Haupt-Abschn. II, III u. V mitgetheilt. Wenn, wie es meist der Fall, die Dachneigung nach dem Umfange des Gebäudes hin gerichtet ist, muss der Lage, Grösse und Konstruktion der Dachrinnen eine besondere Aufmerksamkeit zugewendet werden, damit nicht von denselben aus Nässe in das Mauerwerk eindringt. Diese Gefahr kommt bei der unter der Traufe aufgehängten Rinne in Wegfall, die, von diesem Gesichtspunkt beurtheilt, die günstigste Konstruktion darstellt. Bei der auf die Traufe eines Daches mit Ueberstand gelegten Rinne ist die Auffindung von Schäden erschwert und deshalb keine Sicherheit dafür vorhanden, dass gelegentlich die Dachschalung usw. Nässe zugeführt erhält. In dem Falle, dass die Dachrinne auf dem Mauerwerk liegt, muss das Mögliche gegen Ueberlaufen, Undichtheiten, Stauung des Abflusses durch Einfrieren, und später eintretende Schäden der Rinne geschehen. Rinnen aus Zinkblech müssen gegen eine Mörtellage isolirt werden. (Vergl. unter III, 9, S. 829). Zum Schutz gegen Einfrieren hat man wohl die Rinne unter der Dachfläche im Dachraum angebracht. Dies führt aber den Nachtheil herbei, dass der in der Dachfläche zu belassende Schlitz die Möglichkeit gewährt, dass Schnee Eingang in den Dachraum findet. — Regenrohre, die man sowohl an der Aussen- als Innenseite der Mauer herabführen kann, liegen an der Innenseite wenig kontrollirbar, so dass unbemerkt leicht Schäden vorhanden sein können, die gelegentlich sehr üble Folgen für Mauern und Decken äussern. Aussen angebrachte Regenrohre liegen am besten frei vor den Mauern, und weniger gut in Nischen; sie ganz oder stückweise im Mauerwerk zu verbergen, oder nur Stücke davon durch Mauerwerk hindurchgehen zu lassen, ist entschieden zu verwerfen. Die freie Lage der Regenrohre bringt aber die Gefahr des Einfrierens mit sich, die besonders leicht eintritt, wenn Verstopfungen durch vom Dache mit herabgeführte Trümmer, Moos usw. nicht sicher verhindert sind. Ueber Maassregeln, die gegen Frost zu richten sind, vergl. in früheren Abschnitten. Die untere Endigung der Regenrohre muss so eingerichtet sein, dass Spritzwasser von dem Gebäude fern gehalten wird. —

Bei dem Holzzementdach wird zuweilen die Dachneigung gegen einen Punkt gerichtet, der innerhalb der von dem Gebäudeumfang umgrenzten Fläche liegt. Man kann alsdann das Regenrohr von diesem Punkte aus im Inneren des Gebäudes gerade hinabführen, aber auch unter Dach eine Rinne anordnen, die das Regenwasser an ein an der Aussenseite des Gebäudes liegendes Rohr abgiebt. Die Lage des Sammelpunktes und die Durchführung des Regenwassers durch das Dach hindurch müssen frei von der Gefahr sein, dass hier Stockungen eintreten, weil dabei das Wasser auf dem Dach stehen bleiben bezw. seinen Weg über den Umfang desselben nehmen und dabei grossen Schaden anrichten kann. Hinsichtlich der Hinabführung des Regenrohres im Inneren des Gebäudes ist auf Obengesagtes zu verweisen. Aber am empfehlenswerthesten erscheint die Führung einer Rinne unter Dach und Hinableitung des Wassers in einem am Aeusseren des Gebäudes angebrachten Regenrohr. Gänzlich zu verwerfen ist die Aufnahme des Regenwassers in ein gleichzeitig zur Ableitung von Hauswassern dienendes Rohr, weil dabei mit Störungen des Abflusses gerechnet werden muss. Die im Vorstehenden besprochene Entwässerungs-Einrichtung des Holzzementdaches, so zweckmässig sie an sich erscheint, erfordert besonders vorsichtig gewählte Konstruktionen und ständige, genaue Ueberwachung, wenn man vor gelegentlichem Eintritt von Schäden, die möglicherweise sehr gross sein, und die Gesundheit des Hauses empfindlich auf längere Zeit benachtheiligen können, sicher sein will.

Das Treppenhaus vermittelt die Verbindung zwischen den verschiedenen Geschossen. In ihm kommt daher die gesammte Bewohnerschaft des Hauses in unmittelbare Berührung, wodurch Gelegenheiten auch zur Uebertragung von Schädlichkeiten, ansteckenden Krankheiten usw. gegeben ist. Da durch das Treppenhaus auch Kellerluft in die oberen Geschosse geführt werden kann, empfiehlt sich immer ein möglichst dichter Abschluss des Kellergeschosses gegen das Treppenhaus; insbesondere aus Rücksichten der Feuersicherheit ist auch ein dichter Abschluss des Dachraumes gegen das Treppenhaus zu fordern. Es muss Sicherheit dafür vorhanden sein, dass diese Verschlüsse beständig in Wirksamkeit sind.

Aus Aborten und Küchen, die vom Treppenhause unmittelbar zugänglich sind, werden leicht Dünste in die anschliesenden Wohnungen geführt; deshalb soll auch die Sonderung der einzelnen Geschosse vom Treppenhause möglichst vollkommen sein. Dass im Treppenhause eine sorgfältige Reinlichkeitspflege und wirkungsvolle Lüftung geübt werden muss, ist selbstverständlich. Was sonst noch im Treppenhause für den Schutz der Gesundheit der Hausbewohnerschaft vorgekehrt werden muss, fällt wesentlich in das Gebiet des inneren Ausbaues und wird daher erst an späterer Stelle des Buches zur Besprechung zu ziehen sein. Einige wenige Bemerkungen sind nur noch den Treppen zu widmen: Wendel- und Keilstufen sind unbequem zu ersteigen, unter Umständen gefährlich. Die Länge der Treppenläufe muss mässig sein, um öftere Gelegenheit zum Ausruhen zu gewähren; die Podestlänge muss mit einer oder zwei Schrittweiten übereinstimmend sein. Die Steigungshöhe soll bequem und für alle Treppen, die in demselben Treppenhause aufeinander folgen, dieselbe sein, weil Ungleichheiten Unsicherheiten beim Begehen mit sich bringen. Damit das Steigungsverhältniss dauernd dasselbe bleibe, darf das Material der Treppenstufen nur möglichst wenig abnutzen. Die Kanten der Stufen sind, um Gefahren beim Fallen auf der Treppe abzuschwächen, abzurunden. Das Material der Stufen soll geringen Eigenklang besitzen, nicht glatt werden, nicht zu hart sein, um die Gefahr von Verletzungen nicht zu vermehren, und nicht leicht von Feuer zerstörbar sein. Am besten genügen diesen Ansprüchen im Ganzen betrachtet hölzerne Stufen, und demnächst Sandstein, fast ebenso gut auch Stufen aus Beton (Kunstsandstein), viel weniger gut aber Stufen aus Hartgestein, wie etwa Granit usw.; solche werden auch verhätnissmässig leicht durch Feuer zerstört. Eiserne Stufen sind immer gefährdend, und ganz eiserne Treppen leisten auch dem Feuer nur verhältnissmässig geringen Widerstand. — Möglichst immer sollen Treppen an beiden Seiten Handläufer haben; nur bei sehr schmalen Treppen kann ein einseitiger Handläufer, bezw. ein einseitiges Geländer genügen. Geländer sollen hoch genug sein, um von Kindern nicht leicht erklettert werden zu können; die Füllung muss dicht genug sein, um das Hindurchstecken des Kopfes — bezw. das Hindurchfallen von Kindern unmöglich zu machen. Das Geländer darf nirgends aus der allgemeinen Flucht vorspringende Theile, hakenartige Formen, zugeschärfte Profile und Ecken, oder ähnliche Theile enthalten, bei welchen die Gefahr vorhanden ist, dass Kleider an denselben hängen bleiben können. Am unteren Ende jedes Laufes muss ein fester Pfosten vorhanden sein; ganz besonders gilt dies für den untersten Lauf. Ein solcher Pfosten erfüllt neben seinem konstruktiven Zweck den anderen, dass er bei unachtsamem oder zu raschem Herabgehen von der Treppe, oder beim Herabgehen im Dunkeln zur Orientirung dient, und dadurch sonst dabei leicht eintretenden Unfällen vorbeugen hilft.

Zu allen Vorbeugungsmaassregeln, die im gesundheitlichen oder sicherheitlichen Interesse zu treffen sind, muss als Hauptanforderung eine ausgiebige Beleuchtung des Treppenhauses sowohl bei Tage als auch bei Nacht hinzutreten.

8. Feuchtigkeit und künstliche Trocknung von Neubauten.

Unter IV, 1, S. 840 ist die Wassermenge, welche 1 cbm frisches Ziegelmauerwerk enthalten kann, zu 250—300 l für 1 cbm berechnet worden. Dasselbe vertheilt sich auf Mörtel und Stein einigermaassen gleich. Von dem gesammten hohen Wassergehalt wird ein beträchtlicher Theil in kurzer Frist an die Luft abgegeben, und dies wird namentlich mitbezug auf die Ziegelsteine gelten, weil dieselben der Berührung von Luft eine 4—6 mal so grosse Fläche darbieten als die Mörtelfugen. Die Wasserabgabe verlangsamt sich im weiteren Verlauf der Zeit jedoch mehr und mehr und, völlige Trockenheit tritt überhaupt nicht ein. Man kann etwa 3 % als diejenige Feuchtigkeitsmenge bezeichnen, welche selbst völlig ausgetrocknetes Mauerwerk noch enthält; dieser Gehalt ist sogar durch das Gefühl in den Fingerspitzen noch erkennbar.

Da das Wasser der Schwere folgt, und diese durch Gegenwirkung der Kapillarität nicht aufgehoben wird, bewegt es sich in Mauern langsam abwärts, und es werden schon aus diesem einen Grunde die Mauern der unteren Geschosse einen höheren Feuchtigkeitsgehalt besitzen als die der oberen. Erstere werden

auch noch mit Feuchtigkeit aus den unteren, der Erde nahe liegenden Luftschichten und aus dem anstossenden Baugrunde bereichert. Welche Unterschiede sich hierdurch ergeben, ist aus Zahlen ersichtlich, die von Lehmann und Nussbaum an einem bestimmten Gebäude ermittelt wurden. Sie fanden in dem Fugenmörtel;

1.	des Erdgeschosses	4,7 %	Feuchtigkeit
2.	„ 1. Geschosses	3,3 „	„
3.	„ 2. „	3,0 „	„
4.	„ 3. „	2,7 „	„

Es ist selbstverständlich, dass diese und ähnliche Zahlen keine Verallgemeinerung zulassen. Ausser mit der Mauerstärke, mit der Jahreszeit, mit der Beschaffenheit der Ziegel und des Mörtels, werden sie namentlich mit der Lage der Mauern zur Himmelsrichtung und mit der Luftbeschaffenheit in der unmittelbaren Umgebung des Hauses beträchtlichen Wechseln unterliegen. Anscheinend lässt sich aber von der an irgend einer Stelle im Mauerwerk selbst vorhandenen Feuchtigkeitsmenge ein Schluss auf die Feuchtigkeitsmenge ziehen, welche in dem Wandputz auf der Innenseite der Mauer vorhanden ist. Denn Untersuchungen von Glässgen haben ergeben, dass je mehr Feuchtigkeit das Innere einer Mauer enthält, umsomehr auch in dem Putz auf der Innenseite dieser Mauer vorhanden ist. Die in trockenem Putz der Innenseite alter Gebäude enthaltene Feuchtigkeit beträgt nur 0,4—0,7 %; es kann aber in dem nach dem blossen Augenschein trockenen Innenputz neuer Gebäude das 5—10 fache dieser Menge vorhanden sein.

Dass ein Theil des im Mörtel vorhandenen Wassers durch Ueberführung in die Kristallform und bei der Bildung von Silikaten verschwindet, ist unter IV, 1, S. 840 ausgeführt worden. Je mehr der Mörtel zur Silikatbildung geeignet ist umsomehr tritt letzterer Faktor in Geltung; beim Kalkmörtel hat er aber nur geringe, beim Zementmörtel und anderen Wassermörteln dagegen grosse Bedeutung. Da aber bei jedem Mörtel ein Theil des Kalkhydrats in kohlensauren Kalk übergeführt wird, wozu die Kohlensäure aus der Luft entnommen wird und diese nur durch die Poren des Materials zum Inneren des Mauerwerks Zutritt erlangt, so ergiebt sich der Schluss, dass der wenig dichte, d. h. der magere Zementmörtel derjenige ist, bei dem eine beträchtliche Abkürzung der Austrocknungsdauer erzielt wird, daher Mauerwerk aus porösen Ziegeln, das mit magerem Zementmörtel aufgeführt wurde, die kleinste Austrocknungsdauer erfordert. In einigem Maasse lässt sich die Austrocknung dadurch befördern, dass die Steine vor dem Vermauern nur mässig angefeuchtet werden, und der Mörtel nicht nasser als zum Verarbeiten unbedingt nothwendig ist, angemacht wird. Eine gewisse Wirkung übt auch Anwärmung des Mörtelwassers dadurch, dass es den Beginn der Erhärtung des Mörtels beschleunigt.

Mauern, die einen Putzüberzug erhalten, trocknen selbstverständlich langsamer aus als blos gefugte Mauern. Da dies sowohl für einseitig als zweiseitig aufgetragenen Putz gilt, ist zu verlangen, dass zwischen dem Zeitpunkt der Vollendung des Rohbaues und dem Auftragen des Putzes (an der Innenseite) ein Zeitraum liegt, der wenigstens zur Erreichung eines vorläufigen, nur wenig hochliegenden Trockenheitszustandes genügt. Baupolizeilich wird dementsprechend oft vorgeschrieben, dass die Frist zwischen der Vollendung des Rohbaues und dem Beginn der Putzarbeiten mindestens 4—8 Wochen betragen solle. Trotz des längeren Spielraums, den eine solche Vorschrift gewährt, ist sie zu schematisch. Besseres leistet eine auf die Jahreszeit Rücksicht nehmende Vorschrift, welche die genannte Frist nach der Jahreszeit: im Herbst, Winter und Frühling länger bemisst als im Sommer. Aber selbst hierbei ist es unmöglich, in vielen Fällen das Richtige zu treffen, weil die Austrocknung einer Mauer von zu vielen einzelnen Faktoren abhängt.

Nachdem die Art des Erhärtungsvorganges beim Luftmörtelgemäuer festgestellt worden war, lag es nahe, auf Mittel zu sinnen, denselben auf künstliche Weise abzukürzen. T. v. Liebig wollte dies durch unmittelbare Zuführung von Kohlensäure bewirken; doch ist das Verfahren ohne befriedigenden Erfolg geblieben. Es scheint darnach, dass als Bedingung für gute Erhärtung von Kalkmörtel langsamer Verlauf in der Zuführung der nöthigen Kohlensäure-Menge von Be-

deutung ist. Anders jedoch, wenn nicht Kohlensäure sondern erwärmte Luft zugeführt wird, um die Dauer der Austrocknung abzukürzen.

Zuführung erwärmter Luft kann geschehen durch Ingangsetzung der Heizung, bevor das Haus bezogen wird. Hierbei leistet eine Warmluftheizung wegen des stärkeren Luftwechsels und wegen der gleichmässigeren Vertheilung der Wärme in den Räumen erheblich mehr als die gewöhnliche Ofenheizung. Nahe verwandt mit der Leistung einer Luftheizung, aber in der Wirkung darüber hinausgehend, ist das Verfahren: erwärmte Luft durch einen Ventilator (Bläser) in den betr. Raum hinein zu drücken und derselben an der anderen Seite einen Austritt zu eröffnen; für den Ventilator ist Handbetrieb am geeignetsten.

Man kann sich durch Berechnung leicht ein ungefähres Bild von den nöthigen Luftmengen verschaffen, welche die Fortnahme einer gewissen Feuchtigkeitsmenge in einem bestimmten Falle erfordert. Gesetzt, die Mauer-Umschliessung eines Raumes habe die Grösse von 64 ^{qm} und 1 Stein Stärke; die Feuchtigkeitsmenge sei 100 ^{l} in 1 ^{cbm} Mauerwerk; die Temperatur der Aussenluft, sei 10⁰ und diese Luft sei zu 70% mit Feuchtigkeit erfüllt. Die Warmluft solle mit 50⁰ Temperatur eingeführt werden, und es werde angenommen, dass sie beim Durchgang durch den Raum bis auf 75% der Sättigung Feuchtigkeit aufnehme. Die Austrocknung soll von der einen Seite bis zur halben Mauerstärke und so weit erfolgen, dass die Mauer nur noch 5% von ihrer ursprünglichen Feuchtigkeit behält.

Zunächst ist die auszutrocknende Mauerwerksmenge rd. $0{,}125 \cdot 64 =$ rd. $1/8 \cdot 64 = 8$ ^{cbm}, und es sind daraus fortzunehmen $8 \cdot 0{,}95 \cdot 100 = 760$ ^{l} $= 760\,000$ ^{g} Wasser. Luft von 10⁰ enthält bei 70% der Sättigung in 1 ^{cbm} $0{,}70 \cdot 9{,}38 = 6{,}7$ ^{g}, Luft von 50⁰ Temperatur bei 75% der Sättigung dagegen $0{,}75 \cdot 82{,}7 = 62$ ^{g} Wasser. Solche Luft kann daher aus den Mauern aufnehmen $62 - 6{,}7 = 55{,}3$ ^{g}. Es müssen daher, um 760000 ^{g} Wasser aus den Mauern mit solcher Luft fortzunehmen $760000 : 55{,}3 = 13743$ ^{cbm} Luft durch den betr. Raum geführt werden. Bei 0,5 ^{cbm} sekundlicher Leistung des Ventilators sind dazu erforderlich $13743 : 0{,}5 = 27486$ Sekunden oder etwa 8 Stunden.

Letztere Zahl ist ein Minimum, das in der Regel weit überschritten werden wird, weil im Fortgange der Arbeit des Ventilators der Austritt der Feuchtigkeit aus der Mauer sich verlangsamt und die durchpassirende Luft dann nicht Zeit genug mehr hat, um den in der Rechnung vorausgesetzten Feuchtigkeitszustand von 75% der Sättigung zu erreichen. Es würde dazu erforderlich sein im weiteren Verlaufe die Thätigkeit des Ventilators immer mehr zu verlangsamen.

Die Anwendung dieses Trocknungs-Verfahrens ist mit dem Vortheil verbunden, dass man die erwärmte Luft nach Belieben zu jeder Stelle der Mauer führen kann, an welcher das Bedürfniss dazu vorhanden ist, indem man jene nicht frei in den Raum austreten lässt, sondern durch einen Schlauch, der am Ende eine Brause trägt, zuleitet.

Weniger ökonomisch und nur in noch längerer Zeitdauer lässt sich Trocknung mit provisorisch aufgestellten Oefen und mit sogen. Kokekörben bewirken, die in mehrfachen Formen: von der einfachsten des blossen, offenen Korbrostes bis zu derjenigen eines eigentlichen eisernen Ofens vorkommen. Auch giebt es Zwischenformen, welche nach Belieben die Benutzung sowohl als Korbrost wie als Ofen gestatten.

Bei der Verbrennung von Koke in offenen oder halboffenen Kokekörben werden neben Kohlensäure grosse Mengen von Kohlenoxyd erzeugt, die frei in den Raum austreten, und dadurch die Gefahr der Vergiftung für die in der Nähe beschäftigten Personen herbeiführen, wenn der Kokekorb nicht im Freien, sondern in einem geschlossenen, oder auch nur einigermaassen geschlossenen Raume aufgestellt ist. Deshalb ist bei Benutzung von Kokekörben zum Trocknen von geschlossenen Räumen sehr grosse Vorsicht nothwendig, und rechtfertigten sich besondere polizeiliche Vorschriften znm Schutz der Arbeiter, die von brennenden Kokekörben Gefahr zu fürchten haben. Eine für den Regierungsbezirk Potsdam unterm 4. Dezember 1899 erlassene Polizeiverordnung enthält im § 2 folgendes Verbot:

„In Räumen, in denen offene Kokefeuer ohne Ableitung der entstehenden Gase brennen, darf nicht gearbeitet werden; solche Räume sind gegen andere, in denen gearbeitet wird, dicht abzuschliessen. Sie dürfen nur vorübergehend

von den die Kokekörbe beaufsichtigenden Personen betreten werden. Auf Zuwiderhandlungen ist gegen den Bauherrn eine Strafe bis zu 60 Mark festgesetzt."

Ob durch die massenhafte Zuführung von Kohlensäure in kurzer Zeit zu den Mauerstellen, vor welchen ein offenes Kokefeuer unterhalten wird, die Erhärtung des Mörtels geschädigt wird, darüber sind Beobachtungen nicht bekannt geworden; vielleicht darf daraus geschlossen werden, dass betr. Befürchtungen unbegründet sind.

9. Einfluss des Arbeitsplans und der Ausführung auf die gesundheitliche Beschaffenheit eines Neubaues.

Maurerarbeiten bei Frostwetter auszuführen bringt leicht die Gefahr mit sich, dass der Abbindevorgang des Mörtels unterbrochen wird und unvollendet bleibt. Die Folgen sind — neben unzureichender Festigkeit des Mörtels — Verbleiben von grossen Feuchtigkeitsmengen in der Mauer, sowie spätere leichte Aufnahme solcher im Mörtel. Bei Frost hergestellte Mauern sind daher wenigstens auf lange Zeit feucht.

Polizeilich ist mehrfach verboten worden, bei Kälte von mehr als — 2° Maurerarbeiten auszuführen. Für eine solche unterschiedlose Begrenzung fehlt die Begründung. Werden nasse Steine und langsam bindender Mörtel benutzt, so kann eine Maurerarbeit, in exponirter Lage (grosser Höhe) ausgeführt, schon bei 2° Temperatur sehr ungünstige Ergebnisse liefern, während unter Benutzung trockener Steine und rasch bindenden Mörtels in geschützter Lage ausgeführte Mauerarbeit auch bei der Temperatur von weniger als — 2° noch gute Ergebnisse liefern kann. Bei ausreichender Vorsicht ist es unbedenklich, Mauern unter Erdgleiche, sowie Innenmauern in nicht grosser Höhe auch bei 2—4° Kälte auszuführen. Dies gilt namentlich für die Herbstmonate bis etwa 15. November und die Frühjahrsmonate etwa vom 1. März an, weil in diesen Zeiten der Frost nicht tagsüber dauert, sondern sich nur in die frühen Morgenstunden hinein erstreckt. Viel weniger zu fürchten ist von Frost immer, wenn die Kälte „trocken" ist, weil dann aus dem frischen Mörtel rasch ein grosser Theil der Feuchtigkeit verdunstet, und auch die Menge der Eiskristalle, welche unter der Oberfläche des Mörtels entstehen, vermindert wird. Regeln, welche einzuhalten sind, wenn man bei Frost mauern und ein ausreichend gutes Ergebniss erzielen will, sind folgende:

Trockenheit der Steine, u. Umst. geringes Anwärmen derselben. Benutzung von rasch bindendem Mörtel, der möglichst steif — mit wenig Wasser, noch besser mit angewärmten — angemacht sein muss. Schutz des frischen Mauerwerks während der Nachtzeit durch Bedeckung.

Der Mörtel bindet rascher, wenn derselbe immer nur in kleinen Portionen zum voraus bereitet wird, wenn er etwas weniger Sandzusatz erhält, endlich wenn man noch den Mörtelsand etwas anwärmt. Bei Kalkmörtel kann man das Abbinden durch einen Zusatz von Portlandzement befördern.

Mörtel aus Portlandzement verträgt bei seiner kurzen Bindezeit von nur wenigen Stunden einigen Frost ohne Schaden zu nehmen, wenn er steif angemacht, und nicht hart gestrichen wird. Geschieht letzteres so wird die Oberfläche dicht, und es ist dann dem überschüssig vorhandenen Mörtelwasser unmöglich, auszutreten. Bilden sich in demselben Eiskristalle so wird die obere harte Schicht abgesprengt. Es folgt hieraus, dass, während das Mauern mit Zementmörtel bei Frostwetter gute Ergebnisse liefern kann, die Herstellung von Putz aus Zementmörtel bei Frost selten ein gutes Ergebniss liefern wird. Anwärmen des Sandes oder des Mörtelwassers und Schutz von frischem Mauerwerk gegen Frost sind aber auch bei Verwendung von Zementmörtel wichtige Vorsichtsmaassregeln.

Bei Mauerwerk, welches im Winter hergestellt worden, ist es nothwendig, am Wiederbeginn der Arbeiten im Frühjahr ein paar der oberen Schichten durch neues Mauerwerk zu ersetzen, auch die Fugen des tiefer liegenden Mauerwerks so tief auszuräumen, als dieselben nur losen Mörtel enthalten.

Werden in einem Gebäude die Decken, seien diese nun Holzbalkendecken oder gewölbte Decken, oder solche von noch anderer Konstruktion hergestellt, oder erfolgt ihre Herstellung nur theilweise, bevor das Dach des Gebäudes fertig

gestellt ist, so liegt die Gefahr vor, dass die Decken durchnässt werden, ein Vorgang, der als verhängnissvoll nach mehreren Richtungen sich erweisen kann. Es muss daher Regel sein, die Arbeiten an Decken nicht früher zu beginnen, als bis das Gebäude vollständig unter Dach ist. Wenn ein Gebäude „über Winter“ mit nicht geschlossenen Fenster- und Thüröffnungen dasteht, liegt die Gefahr der Durchnässung der Decken durch Schlagregen vor.

Durchfeuchtungen einzelner Stellen der Mauer, welche langdauernd sein können, ergeben sich vielfach dann, wenn nicht mit der Dachdeckung zugleich, oder unmittelbar darauf folgend, die Dachrinnen und Regenrohre, und zwar letztere in der ganzen Gebäudehöhe, bis zur Erdgleiche hinab angebracht werden, da alsdann das von der ganzen Dachfläche abfliessende Regenwasser von Mauerflächen von vergleichsweise sehr geringer Grösse aufgenommen werden muss. Das Zusammenwirken des Dachdeckers mit dem Klempner kann daher ein Gegenstand von grosser Bedeutung für die Gesundheit eines Gebäudes sein.

Die Herstellung von Holzzementdächern im Spätherbst ist immer ein gefährliches Unternehmen, weil bei eintretendem Regenwetter, aber auch schon bei dem, in dieser Jahreszeit wesentlich höheren Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre die Papierunterlage feucht wird. Dies ist aber in zweifacher Richtung ein grosser Uebelstand: Das Papier kommt feucht zwischen undurchlässige Schichten: an der Unterseite die gespundete Dachschalung und an der Oberseite die Ueberzüge mit Holzzement. Die eingeschlossene Feuchtigkeit kann daher nur schwer wieder austreten, und es kommt hinzu, dass feuchtes Papier den Ueberzug aus Holzzement nicht gut, oder auch gar nicht „annimmt“, infolge dessen wasserdurchlässige Stellen in demselben bestehen bleiben. Durch solche Stellen findet später das Regenwasser seinen Weg, und kann dann das sonst wasserundurchlässige Dach dauernd Feuchtigkeit nach unten abgeben. Der Sitz schadhafter Stellen ist aber, indem das Wasser auf der Schalung erst einen langen Weg zurücklegen kann, bevor dasselbe einen Ausweg nach unten gewinnt, gewöhnlich nur schwer aufzufinden, so dass bei feuchter Witteruug hergestellte Holzzementdächer der Möglichkeit ausgesetzt sind, dass bald Reparaturen und Neueindeckungen die immer sehr kostspielig sind, nothwendig werden. —

Mit grösstem Nachdruck ist dagegen vorzukehren, dass abgelegene Stellen eines Neubaues von den Arbeitern zur Befriedigung ihrer Bedürfnisse benutzt werden. Das beste Schutzmittel dagegen ist die Aufstellung einer entsprechenden Zahl von Aborten usw. an bequem zugänglichen Stellen; die Einrichtung derselben muss so beschaffen sein, dass die Arbeiter die Benutzung derselben nicht scheuen.

Gedrängt durch den Wunsch, das aufgewendete Baukapital möglichst bald nutzbringend zu machen, wird vielfach der Baubeginn in den Spätsommer verlegt, damit von den beiden Fristen zwischen der Fertigstellung des Rohbaues und dem Beginn der Putzarbeiten, und nachher von der Ferstigstellung bis zur Beziehbarkeit ein möglichst grosser Theil in die Wintermonate falle, das Gebäude möglichst schon zum Frühjahrsbeginn beziehbar sei. Dies Verfahren ist im allgemeinen hoch bedenklich für die gesunde Beschaffenheit eines Hauses und sollte durch das umgekehrte: Baubeginn im Frühjahr und Beschaffung des inneren Ausbaues im Winter, ersetzt werden. Aber für strenge polizeiliche Vorschriften ist in dieser Angelegenheit wegen der grossen Verschiedenheit der Fälle kein rechter Raum.

Aus dem Vorstehenden ist der sehr grosse Einfluss erkennbar, den auf die gesundheitlichen Eigenschaften eines Hauses eine richtig getroffene Disposition über die Bauarbeiten ausübt. Beginn und Ende der Haupt-Arbeiten müssen vorher im wesentlichen festgelegt sein, und es ist von einer vorsichtigen Bauleitung mit Nachdruck ein so enges Ineinandergreifen der einzelnen Arbeiten durchzuführen, dass die für jede Hauptarbeit zum voraus festgesetzten Termine sicher eingehalten werden.

Dasselbe. **4. Theil.**

2. vollständig neu bearbeitete Auflage 1900. 36 Bogen mit 785 Abbildungen, einschliesslich 4 Doppeltafeln. Preis M. 10,—, eleg. Ganzlwbd. M. 11,50.

Inhalt: Allgemeine Schulanstalten, Schulräume für besondere Zwecke, Nebenanlagen der Schulanstalten, Turnhallen, Turnplätze und Schulhöfe, Dienstwohnungen, Schulbaracken. — Schulen in Deutschland: Ländliche und städtische Volksschulen, Gemeindeschulen, Mittel-, Bürger- oder Stadtschulen, Fortbildungsschulen, Gymnasien, Realgymnasien, Oberrealschulen, Real- oder höhere Bürgerschulen, höhere Töchterschulen. Ausserdeutsche Schulen: in Frankreich, England, Nord-Amerika, Italien, Belgien, Holland, Dänemark, Schweden, Norwegen. — Kinder-Bewahranstalten und Hauswirthschaftliche Bildungsanstalten. — Erziehungsanstalten mit Volks-Schulunterricht. — Alumnate und Seminare. — Hochschulen: Universitäten, Technische Hochschulen, Akademien für wissenschaftliche und technische Sonderzwecke, Kunstzwecke, Kunst-Akademien. — Fachschulen: Höhere und mittlere Fachschulen, bautechnische, mechanisch-technische und Kunstgewerbeschulen; Web-, Färberei- und Appreturschulen, Handelsschulen; Landwirthschaftsschulen; Schiffahrtsschulen. — Die niederen Fachschulen, Fachschulen mit Werkstätten, Handwerker- und Gewerbeschulen; Gewerbliche Fortbildungsschulen. — Militärische Erziehungs- und Bildungsanstalten: Unteroffizier-Vorschulen, Unteroffizier-Schulen, Kadettenanstalten, Kriegsschulen, Kriegs-Akademien. — Kasernen-Anlagen nebst Militär-Schiesständen und Barackenlagern.

Dasselbe. **5. Theil.**

2. vollständig neu bearbeitete Auflage. 1902. 34 Bogen mit 810 Abbildg. im Text und auf 22 Doppeltafeln. M. 10,—, eleg. Ganzlwbd. M. 11,50.

Inhalt: Künstler-Werkstätten: Maler- und Bildhauer-Ateliers, photographische Ateliers. — Kauf-, Waaren- und Geschäftshäuser: Allgem. Anforderungen an die Bauanlage und Konstruktion. Anlage und Einrichtung des Kaufladens, Geschäftshäuser mit Wohnungen. Reine Geschäftshäuser, wesentlich für den Grossverkehr, Geschäftshäuser für den Einzelverkauf, die eigentlichen Bazare und Waarenhäuser, Passagen. — Gasthäuser, Hôtels: Die verschiedenen Arten von Hôtels und ihre nationalen Unterschiede, die wichtigsten Bestandtheile des Hôtels. Ausgeführte Beispiele. Restaurationen, Kaffeehäuser und Konditoreien mit ausgeführten Beispielen. — Gewächshäuser: Allgemeine Gesichtspunkte, Bau und Einrichtung der Gewächshäuser, Gewächshäuser für bestimmte Kulturzwecke, die Anlage der Gewächshäuser in Handelsgärtnereien. — Ausstellungsbauten: Art der Ausstellungen. Ausstellungsplatz, Anordnung der Gebäude, Konstruktion und Beleuchtung der Gebäude, Einrichtung und Ausschmückung, Geschichtliche Uebersicht der wichtigsten für Ausstellungszwecke errichteten Bauten. Welt-Ausstellungen, internationale Fach-Austellungen, Provinzial- oder Landes-Ausstellungen.

Dasselbe. **6. Theil.**

Inhalt: Postbauten. — Gebäude für Banken, Versicherungs-Gesellschaften und Börsen. — Gerichtsgebäude. — Verwaltungsgebäude. — Empfangsgebäude der Eisenbahnen.

Erscheint 1903.

Deutsche Bauzeitung G. m. b. H., Berlin SW. 11.

Handbuch der Baukunde.

Abtheilung I: **Hülfswissenschaften zur Baukunde.** Band I. Complett, 77 Bogen mit 1100 Holzschnitten. 1885. M. 20,—, eleg. Halbfrzbd. M. 22,50.

— — Dasselbe. **Heftausgabe:** Erstes Heft: **Bauführung und Baurecht.** Mit 25 Figuren im Text 1887. M. 7,—, eleg. Ganzlwbd. M. 8,—.
Inhalt: Die Bauführung. — Grundzüge der Baurechts- und Baupolizei-Wissenschaften.

— — Dasselbe. Zweites Heft: **Anleitung zur Perspektive. Resultate der reinen Mathematik.** Mit 182 Abb. im Text. 1887. M. 2,—, eleg. Ganzlwbd. M. 3,—.
Inhalt: Ausführung perspektivischer Zeichnungen, Resultate aus der reinen Mathematik.

— — Dasselbe. Drittes Heft: **Technische Mechanik.** Mit 600 Abbildungen im Text. 1887. M. 7,—, eleg. Ganzlwbd. M. 8,—.
Inhalt: Mechanik fester Körper. Mechanik tropfbar flüssiger Körper. Hydrometrie. Mechanik der Wärme. Mechanik der gas- u. dampfförmigen Körper.

— — Dasselbe. Viertes Heft: **Reine und angewandte Physik. Die gesammten Lichtpaus-Verfahren.** Mit 286 Illustr. i. Text. 1887. M. 6,—, eleg. Ganzlwbd. M. 7,—.
Inhalt: Lehre vom Schall und von der Wellenbewegung. — Elektrizität und Magnetismus. — Lehre vom Licht: Lichtpaus-Verfahren. — Meteorologie.

— — Dasselbe. Abtheilung I: **Hülfswissenschaften zur Baukunde.** Band II. Erstes Heft: **Eisen und Eisenkonstruktionen** in geschichtlicher, hüttentechn. und technolog. Beziehung. Bearbeitet von G. Mehrtens, Eisenb.-Bau- und Betriebs-Inspektor. Mit 650 Illustrationen. 1887. M. 9,—, eleg. Ganzlwbd. M. 10,—.
Inhalt: Allg. Geschichte des Eisens u. d. eisernen Tragwerke. Darstellungdes Eisens. Formgebung des Eisens. Eigenschaften u. Prüfung des Eisens. Herstellungsweise der Konstruktion.

— — Dasselbe. Abtheilung III: **Baukunde des Ingenieurs.** Erstes Heft 1. Theil: **Der Grundbau** von L Brennecke, Reg.-Baumeister. Mit 683 Abbild. 1887. M. 7,—, eleg. Ganzlwbd. M. 8,—.
Inhalt: Grundbau im Allgemeinen. — Die wichtigst. Gründungsarten: Befestigung schlechten Baugrundes. — Gründungen auf Beton unter Wasser. — Pfahlrost und eiserne Pfähle. — Senkkasten mit unterem Boden und Schwimmpfeiler. — Brunnen-Gründung. — Luftdruck-Gründung. — Gefrier-Gründung. — Luftdruck- und Brunnen-Gründung mit anderen Gründungsarten vereinigt. — Schutz der Fundamente gegen Unterspülung usw.

— — Dasselbe. Erstes Heft, 2. Theil: **Ergänzungen zum Grundbau** von L. Brennecke, Kais. Marine-Hafen-Bauinspektor. $8\frac{1}{2}$ Bogen Lex.-8^0, mit 200 Abbildungen im Text. 1895. M. 3,—, eleg. Ganzlwbd. M. 4,—.

— — Dasselbe. Zweites Heft: **Der Wasserbau** von L. Franzius, Ob.-Baudir. Mit 756 Abbildungen. 1890. M. 8,—, eleg. Ganzlwbd. M. 9,—.
Inhalt: Allgemeines, bes. zur Physik des Meeres. Einige Sonder-Arbeiten des Wasserbaues: Baggerarbeiten u. Baggergeräthe. — Kratzen. — Sprengungen. — Tauchen. Uferbau: Allgem. — Wehr- u. Schleusenbau. — Deich- u. Sielbau. — Kanalbau. — Flussbau. — Häfen. — Schiffahrts-Betrieb. — Wildbach-Vorbauungen und Regulirung von Gebirgsflüssen. Ent- und Bewässerung der Ländereien.

— — Dasselbe. Drittes Heft: **Städtisches Strassenwesen und Städtereinigung** von R. Baumeister, Ob.-Brth. Mit 372 Abb. 1890. M. 8,—, eleg. Ganzlwbd. M. 9,—.
Inhalt: Städtische Strassen- u. Strassen-Eisenbahnen: Entwurf von Bebauungs-Plänen. — Vollzug derselben. — Strassenbefestigung. — Städt. Strassen. — Eisenbahnen. — Reinigung und Entwässerung der Städte: Einleitung. — Kehricht. — Excremente. — Kanalisation. — Reinigung von Kanalwasser.

— — Dasselbe. Viertes Heft: **Erdarbeiten, Strassenbau, Brückenbau.** Von Barkhausen, Prof. an der Technischen Hochschule zu Hannover. Nessenius, Landes-Baurath zu Hannover. Housselle, Regierungs- und Baurath zu Berlin. 27 Bogen mit 514 Abb. im Text. 1892. M. 9,—, eleg. Ganzlwbd. M. 10,—.
Inhalt: I. **Erdarbeiten:** Die vorbereitenden Arbeiten des Erdbaues: Vermessungsarbeiten, Boden-Untersuchungen, Massenermittelungen, Massenvertheilung, Kostenermittelung. — Besondere Fälle der Massenvertheilung. — Ausführung der Erdarbeiten.
II. **Der Strassenbau:** Geschichtliche Entwicklung. Strassen-Fuhrwerke. Zugthiere. Strassenbau-Material. Tracirung. Neubau. Walzung der Strassen. Unterhaltung. Umbau.
III. **Der Brückenbau:** Allgemeines über Brückenbau. — Gewölbte Brücken. — Massive Zwischenpfeiler von Balkenbrücken. — Hölzerne Brücken: Grundlagen für die statische Berechnung. Balkenbrücken.